



TUGAS AKHIR TERAPAN – RC090342

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI SURABAYA MENGGUNAKAN *DUAL SYSTEM* (SISTEM GANDA) SERTA METODE PELAKSANAAN KONSTRUKSI KOLOM DAN *SHEARWALL*

Mahasiswa
MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041001

Dosen Pembimbing I
R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

Dosen Pembimbing II
Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19840919 201504 1 001

PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017



TUGAS AKHIR TERAPAN – RC090342

**MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG PERKULIAHAN FAKULTAS
PERTANIAN DI SURABAYA MENGGUNAKAN *DUAL SYSTEM*
(SISTEM GANDA) SERTA METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAN *SHEARWALL***

**Mahasiswa
MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041001**

**Dosen Pembimbing I
R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002**

**Dosen Pembimbing II
Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19840919 201504 1 001**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017**



FINAL PROJECT APPLIED – RC090342

**STRUCTURE MODIFICATION OF FACULTY OF AGRICULTURE
BUILDING IN SURABAYA USING SPECIAL MOMENT RESISTING
FRAME SYSTEM AND SHEARWALL (DUAL SYSTEM) AS WELL AS
COLOUMN AND SHEARWALL CONSTRUCTION METHOD**

**MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041001**

**Supervisor I
R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002**

**Supervisor II
Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19840919 201504 1 001**

**DEPARTMENT OF CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING
FACULTY OF VOCATION
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017**

LEMBAR PENGESAHAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI SURABAYA MENGUNAKAN *DUAL SYSTEM* (SISTEM GANDA) SERTA METODE PELAKSANAAN KONSTRUKSI KOLOM DAN *SHEARWALL*

PROPOSAL PROYEK AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Sains Terapan
Pada
Program Studi Diploma IV Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Disusun Oleh:

MAHASISWA



MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041001

Disetujui Oleh:

26 JUL 2017

DOSEN PEMBIMBING I

DOSEN PEMBIMBING II



R. Buyung Anugraha A., ST., MT.

NIP. 19740203 200212 1 002

Ali Navir Refani, ST., MT.

NIP. 19840919 201504 1 001



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Mutiara Ramadhyanita 2
NRP : 1 3113041001 2
Judul Tugas Akhir : Modifikasi Struktur Gedung Perkuliahan Fakultas Pertanian
Di Surabaya Menggunakan Dual System dengan Metode Pelaksanaan
Konstruksi Kolom dan Shearwall
Dosen Pembimbing : R. Buyung Anugraha A., ST., MT.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
4.	23-03-2017	- Trial shearwall E di area lift agar Periode Fundamental				
		- Kalau belum memenuhi struktur lain maka boleh dikontrol 2 cara (srpm=sb x, dan struktur lain sb y).		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Untuk tul. pelat ϕ -10, $f_y = 240$.				
		- Berat struktur langsung dr SAP saja		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Perhitungan pelat ditabelkan, beban hidup mengikuti terbesar.				
5.	04/04-2017	- Pelat lantai, tangga + bordes sudah OKE! Penulangan		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Lanjut Balok Penulangan.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Kontrol OF & Kontrol Dual System sudah OKE!				
6.	18/04-2017	- untuk mengatasi Aksial Kolom SBE itu bisa diberi kolom virtual pd swnya		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Kolom				
7.	02/05-2017	- Kontrol DS & OF sudah OKE		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Tul. Tangga & Pelat OKE, ditambah gambar diagram momen tangga.				

Ket.

B = Lebih cepat dari jadwal

C = Sesuai dengan jadwal

K = Terlambat dari jadwal

- U/ Balok lift & Balok Anak Momen
dr kombinasi $1/2D + 1/6L$
- Cuts of Point boleh pakai pendekatan
 $1/4L$ u/ tumpuan. + dgn panjang penyaluran
- Penulangan dihitung 2 portal

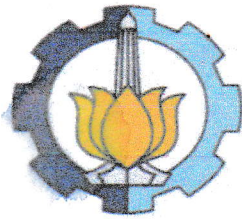


ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Mutiara Ramadhyanita 2
NRP : 1 3113041001 2
Judul Tugas Akhir : Modifikasi Struktur Gedung Perkuliahan Fakultas Pertanian Di Surabaya Menggunakan Dual System dengan Metode Pelaksanaan Konstruksi Kolom dan Shearwall.
Dosen Pembimbing : R. Buyung Anugraha A., ST., MT.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1	10 Februari 2017.	- Perhitungan Momen Plat menggunakan persamaan SNI.				
		- Pembebanan boleh memakai ASCE 7.		B	C	K
		- Preliminary menyesuaikan kemampuan struktur disAP. / Preliminary design disesuaikan dengan permodelan.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
2.	01 Maret 2017	- Koefisien pembagi pada momen plat diambil $\frac{1}{9}$ untuk $M(\rightarrow)$ dan $\frac{1}{11}$ untuk $M(+)$.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Simpangan antar lantai dari kombinasi beban hidup, mati & gempa		B	C	K
		- Pelat atap dibuat 12 cm untuk outdoor AC.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Lanjut permodelan dengan shearwall		B	C	K
3.	08 Maret 2017	- Dimensi 4/ Dual System dan Open Frame sama, tapi boleh diperbesar ketika penulangan Dual System tdk memenuhi		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Diberi kolom pendek saja (No pilecap)		B	C	K
		- Masukkan beban lift dan beri kolom pada ujung sw setebal sw itu sendiri		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal



ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Mutiara Ramadhyanita 2
NRP : 1 3113041001 2
Judul Tugas Akhir : Modifikasi Struktur Gedung Perkuliahan Fakultas Pertanian Di Surabaya Menggunakan Dual System dengan Metode Pelaksanaan Konstruksi Kolom dan Shearwall
Dosen Pembimbing : Afip Navir Refani, ST, MT.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
4.	23-03-2017	- Hitung Kontrol Dual System dulu baru nentuin kontrol periode.				
		- Balok area SW dibedakan		B	C	K
		- Daftar Isi sudah OK!		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.	04-05-2017	- Kontrol DS hanya pakai RSX & RSY, kontrol ^{DS} lainnya OKE				
		- Balok pengantung lift pakai 120+16L tapi balok anak di release ambil max.		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Kolom, lentur pakai 8Mn, Output 4/ geser saja.				
		- Torsi sudah OK dihitung setelah lentur.		B	C	K
		- Pelat dilihat lagi momennya pas daerah di saja jangan dishow max.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Cut off points dihitung (gak boleh 1/4L).				
6.	22-05-2017	- HBU Me & rata² jika DFnya Beda/		B	C	K
		- Sloof ditinjau.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal

**Modifikasi Struktur Gedung Perkuliahan Fakultas Pertanian
di Surabaya Menggunakan *Dual System* (Sistem Ganda) serta
Metode Pelaksanaan Konstruksi Kolom dan *Shearwall***

Nama Mahasiswa	: Mutiara Ramadhyanita
NRP	: 3113041001
Jurusan	: Diploma IV Departemen Infrastruktur Sipil – Fakultas Vokasi
Dosen Pembimbing I	: R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP	: 197402032002121002
Dosen Pembimbing II	: Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP	: 198602122015041001

ABSTRAK

Gedung Perkuliahan eksisting terletak di Surakarta dengan luas bangunan 1248 m² dan memiliki 5 lantai dengan atap baja yang berfungsi untuk fasilitas pendidikan. Dalam tugas akhir terapan ini dimodifikasi menjadi 11 lantai dengan atap beton sebagai gedung perkuliahan dan direncanakan dibangun di kota Surabaya. Berdasarkan hasil Standart Penetration Test (SPT), didapatkan bahwa gedung dibangun diatas tanah dengan kondisi tanah lunak (kelas situs SE) dan berdasarkan fungsinya termasuk kategori risiko IV, sehingga gedung perkuliahan ini dikenakan kategori desain seismik (KDS) D.

Analisis struktur menggunakan metode *dual system* yaitu sistem rangka pemikul momen khusus dan *shearwall* yang sebelumnya telah dianalisis juga menggunakan metode *single system* (open frame) serta mengacu pada SNI 03-1726-2012 dan SNI 03-1727-2013. Struktur sekunder berupa pelat dan tangga yang dipikul oleh struktur primer yaitu sloof, balok, kolom dan joint balok kolom serta terdapat *shearwall* yang berfungsi menahan

beban lateral ketika terjadi gempa. Keseluruhan struktur adalah beton bertulang, yang mengacu pada SNI 03-2847-2013.

Dari hasil analisa dan perhitungan struktur menggunakan dual system diperoleh dimensi balok induk (B1, B2, B3, B4, B5) 30/80 cm dan B6 35/50 cm, kolom K1 75/75 cm dengan konfigurasi tulangan 16D25 dan terdapat pengecilan pada lantai 5-11 menjadi 12D25, serta dimensi shearwall 30/800 cm dengan tebal 30 cm. Dimensi yang digunakan mempertimbangkan efisiensi dan perioda fundamental struktur yang terjadi. Pada akhir juga disertakan metode pelaksanaan dari pekerjaan struktur kolom dan *shearwall*. Durasi untuk 1 item kolom K1 dengan volume beton sebesar $2,36\text{m}^3$ adalah ± 16 jam dan 1 item shearwall SW1 dengan volume beton sebesar $10,08\text{m}^3$ adalah ± 26 jam yang dimulai dari pekerjaan pembesian sampai dengan setting beton dan pembongkaran bekisting. Pada pelaksanaan digunakan bekisting sistem peri untuk mempermudah dan mempercepat pelaksanaan.

Kata kunci: Gedung beton bertulang, Sistem Ganda, Spektrum respons desain, Dinding geser.

Structure Modification of Faculty of Agriculture Building in Surabaya using Special Moment Resisting Frame System and Shearwall (Dual System) as well as Coloumn and Shearwall Construction Method

Name	: Mutiara Ramadhyanita
NRP	: 3113041001
Department	: DIV Department of Civil Infrastructure – Faculty of Vocation
First Supervisor	: R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP	: 197402032002121002
Second Supervisor	: Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP	: 198602122015041001

ABSTRACT

The existing lecture building located in Surakarta with building area of 1248 m² and has 5 floors with roof using steel frame that serves for educational purposes. In this thesis, the building modified into total of 11 floors with concrete plate replacing steel frame as roof and planned to be built in Surabaya. Based on the result of Standard Penetration Test, (SPT), it is found that the building is built on soil with soft soil condition (SE class site) and based on its function this building is included in risk category IV, so the lecture building itself is included into seismic design category D.

The structural analysis uses dual system method, which is Special Moment Resisting Frame System and Shearwall that previously been analyzed using single system method (open frame) and refer to SNI 03-1726-2012 and SNI 03-1727-2013. The secondary structures like plate and stairways were carried by the primary structure such as sloof, beam, coloumn, and beam-

column joint and also shearwall that serves to hold lateral force when an earthquake force. The entire structure is using concrete reinforcement that refers to SNI 03-2847-2013.

From the analysis result and structure calculation using dual system, the dimension of primary beam (B1, B2, B3, B4, B5) is 30/80 cm and (B6) is 35/50 cm, the column (K1) is 75/75 cm with the reinforcement configuration using 16D25 and there was reinforcement reduction on floor level 5 – 11 into 12D25, and shearwall dimension is 30/800 cm. Those dimension was considered from efficiency and structure fundamental period. At the end also included the construction method of column and shearwall. Total duration needed per 1 column (K1) with concrete volume of 2.36 m^3 is approx. 16 hours and duration needed per 1 shearwall (SW1) with concrete volume of 10.08 m^3 is approx. 26 hours starting from reinforcing the concrete, concrete setting time, and formwork disassemble. The construction method of the column and shearwall were using peri formwork system to simplify and faster working operation.

Keyword : *R/C Building, Dual system, Dynamic response analysis, Shearwall.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan berkah, rahmat dan karunia-Nya sehingga Tugas Akhir Terapan dengan judul “**Modifikasi Struktur Gedung Perkuliahan Fakultas Pertanian di Surabaya Menggunakan *Dual System* (Sistem Ganda) serta Metode Pelaksanaan Konstruksi Kolom dan *Shearwall***” dapat terselesaikan dengan tepat waktu.

Tersusunnya Tugas Akhir Terapan ini tidak lepas dari doa, dukungan dan motivasi berbagai pihak yang telah banyak membantu dan memberikan masukan serta arahan. Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua, kakak dan saudara-saudara, sebagai motivasi utama dan yang telah banyak memberi dukungan moril maupun materiil, terutama doa.
2. Bapak Dr. Machsus, ST.MT., selaku koordinator Program Studi DIV Teknik Infrastruktur Sipil.
3. Bapak R. Buyung Anugraha A., ST., MT. dan Afif Navir Refani, ST., MT., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama penyusunan TAT.
4. Bapak Tatas, ST., MT., selaku dosen wali.
5. Teman-teman terdekat Ceria, Kordesian, Herderdonateboreti, A13, DS 34 yang selalu menyemangati dan sangat berarti bagi penulis, serta semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan TAT ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan TAT ini terdapat kekurangan dan masih jauh dari kata sempurna, untuk itu diharapkan terdapat kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan porposal TAT ini. Demikian, semoga proposal TAT ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya, Juni 2017
Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xxi
DAFTAR NOTASI	xxv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	3
1.6 Lokasi Studi.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Umum.....	7
2.2 Pengertian Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) ...	7
2.3 Pengertian Sistem Ganda.....	8
2.4 Pembebanan.....	8
2.4.1 Beban Mati.....	8
2.4.2 Beban Hidup	9
2.4.3 Beban Angin	9

2.4.4	Beban Gempa.....	9
2.4.5	Kombinasi Pembebanan	15
2.5	Pelat	16
2.5.1	Preliminary Dimensi Pelat	16
2.5.2	Penulangan Pelat	20
2.6	Tangga	22
2.6.1	Preliminary Dimensi Tangga	22
2.7	Balok.....	22
2.7.1	Preliminary Dimensi Balok.....	22
2.7.2	Penulangan Balok	23
2.7.3	Panjang Penyaluran.....	31
2.8	Kolom	32
2.8.1	Preliminary Dimensi Kolom	32
2.8.2	Penulangan Kolom.....	33
2.8.3	Panjang Lewatan dan Panjang penyaluran.....	37
2.9	Hubungan Balok-Kolom (Join)	38
2.9.1	Penulangan Transversal pada HBK	38
2.10	Sistem Dinding Struktural (SDS)	39
2.10.1	Preliminary Dimensi Shearwall	40
2.10.2	Penulangan Shearwall	40
BAB III METODOLOGI		43
3.1	Pengumpulan, Pencarian Data dan Studi Literatur.....	43
3.1.1	Pengumpulan Data.....	43
3.1.2	Studi Literatur	43

3.2	Modifikasi Dan Penentuan Kriteria Desain.....	44
3.2.1	Modifikasi Struktur.....	44
3.2.2	Penentuan Kriteria Desain	48
3.3	Preliminary Desain	48
3.4	Permodelan Struktur.....	48
3.5	Pembebanan dan Analisa Struktur	49
3.5.1	Pembebanan Struktur	49
3.5.2	Analisa Struktur	49
3.6	Perhitungan Penulangan	50
3.8	Gambar Rencana	50
3.9	Metode Pelaksanaan	51
3.10	Diagram Alir	52
BAB IV PRELIMINARY DESIGN.....		55
4.1	Data Desain Preliminary	55
4.2	Perencanaan Dimensi Balok.....	55
4.3	Perencanaan Dimensi Pelat	59
4.4	Perencanaan Dimensi Kolom.....	64
4.5	Perencanaan Dimensi Sloof	65
4.6	Perencanaan Dimensi Tangga	66
4.7	Perencanaan Dimensi Dinding Geser.....	68
BAB V PEMBEBANAN DAN ANALISA PERMODELAN		69
5.1	Pembebanan	69
5.1.1	Pembebanan Pelat	69
5.1.2	Pembebanan Tangga	71

5.1.3 Pembebanan Dinding	71
5.1.4 Pembebanan Balok Penggantung Lift	72
5.1.5 Pembebanan Angin.....	75
5.1.6 Pembebanan Gempa	81
5.1.7 Kombinasi Pembebanan	85
5.2 Permodelan Struktur.....	86
5.2.1 Kontrol Permodelan SAP	86
5.2.1.1 Pengecekan Gaya pada Balok.....	86
5.2.1.2 Pengecekan Gaya pada Kolom	89
5.2.2 Permodelan Struktur Open Frame.....	91
5.2.3 Permodelan Struktur <i>Dual System</i>	97
BAB VI ANALISIS STRUKTUR SEKUNDER DAN	
SRUKTUR PRIMER.....	107
6.1 Perhitungan Struktur Sekunder.....	107
6.1.1 Perhitungan Struktur Pelat Lantai	107
6.1.1.1 Pembebanan Struktur Pelat Lantai.....	107
6.1.1.2 Analisis Struktur Pelat Lantai.....	108
6.1.1.3 Perhitungan Penulangan Pelat Lantai	109
6.1.2 Perhitungan Struktur Tangga.....	124
6.1.2.1 Desain Struktur Pelat Tangga dan Pelat Bordes	124
6.1.2.2 Pembebanan Tangga.....	126
6.1.2.3 Permodelan dan Analisis Struktur Tangga	127
6.1.2.4 Perhitungan Penulangan Pelat Tangga Dan Bordes	128

6.1.3 Perhitungan Balok Penggantung Lift	132
6.1.4 Perhitungan Balok Anak	142
6.1.5 Perhitungan Balok Kantilever	153
6.2 Perhitungan Struktur Primer.....	163
6.2.1 Desain Struktur Balok Induk.....	163
6.2.1.1 Cek Syarat Komponen Struktur Penahan Gempa	164
6.2.1.2 Perhitungan Penulangan Lentur Balok	164
6.2.1.3 Perhitungan Penulangan Geser Balok	173
6.2.1.4 Perhitungan Tulangan Torsi	180
6.2.1.5 Kontrol Retak Balok.....	184
6.2.1.6 Cut-off Points	185
6.2.1.6 Panjang Penyaluran	187
6.2.1.8 Resume Penulangan Balok Induk.....	189
6.2.2 Desain Struktur Balok Sloof	190
6.2.2.1 Cek Syarat Komponen Struktur Penahan Gempa	191
6.2.2.2 Perhitungan Penulangan Lentur Balok Sloof	191
6.2.2.3 Perhitungan Penulangan Geser Balok	200
6.2.2.4 Perhitungan Tulangan Torsi	206
6.2.2.5 Kontrol Retak Balok.....	210
6.2.1.6 Cut-off Points	211
6.2.1.7 Panjang Penyaluran	213
6.2.1.8 Resume Penulangan Balok Sloof	214
6.2.3 Desain Struktur Kolom.....	215

6.2.3.1 Cek Syarat Komponen Struktur Penahan Gempa	216
6.2.3.2 Perhitungan Tulangan Longitudinal Penahan Lentur	216
6.2.3.3 Cek Syarat “ <i>Strong Coloumn Weak Beam</i> ”	217
6.2.3.4 Perhitungan Tulangan Transversal sebagai <i>Confinement</i>	220
6.2.3.5 Perhitungan Gaya Geser Desain (Ve)	222
6.2.3.6 Perhitungan Sambungan Lewatan	225
6.2.4 Desain Hubungan Balok-Kolom (HBK)	226
6.2.5 Analisa Struktur Dinding Geser (<i>Shearwall</i>)	229
6.2.5.1 Kontrol Ketebalan Terhadap Gaya Geser	230
6.2.5.2 Menentukan Kebutuhan Baja Tulangan Vertikal dan Horisontal Minimum	230
6.2.5.3 Kuat Geser Dinding Struktural	231
6.2.5.4 Perencanaan Dinding Geser Terhadap Kombinasi Aksial dan Lentur	232
6.2.5.5 Pemeriksaan Terhadap Syarat Komponen Batas Khusus (<i>Special Boundary Element</i>)	233
6.2.5.6 Penentuan Panjang Elemen Pembatas Khusus ..	234
6.2.5.7 Perhitungan Tulangan Longitudinal dan Transversal Pada Daerah <i>Special Boundary Element</i>	235
6.2.5.8 Tulangan <i>Confinement Shearwall</i>	235
6.2.5.9 Panjang Penyaluran Tulangan	237

BAB VII METODE PELAKSANAAN KOLOM DAN SHEARWALL	239
7.1 Gambaran Umum Pelaksanaan	239
7.2 Metode Pelaksanaan Pekerjaan Kolom	241
7.2.1 Rencana kerja dan syarat-syarat (RKS).....	241
7.2.2 Flowchart Pelaksanaan Pekerjaan Kolom	242
7.2.3 Fabrikasi Tulangan Kolom.....	242
7.2.4 Marking (Penentuan As Kolom)	242
7.2.5 Pemasangan Sepatu Kolom.....	243
7.2.6 Penginstallan Tulangan Kolom	243
7.2.7 Bekisting Kolom	244
7.2.8 Pengecoran Kolom	246
7.2.9 Pembongkaran Bekisting Kolom	250
7.2.10 Perawatan Beton Kolom (Curing)	252
7.2.11 Durasi Waktu	252
7.3 Metode Pelaksanaan Pekerjaan <i>Shearwall</i>	254
7.3.1 Rencana kerja dan syarat-syarat (RKS).....	254
7.3.2 Flowchart Pelaksanaan Pekerjaan <i>Shearwall</i>	255
7.3.3 Fabrikasi Tulangan <i>Shearwall</i>	255
7.3.4 Marking (Penentuan As <i>Shearwall</i>).....	255
7.3.5 Pemasangan Sepatu <i>Shearwall</i>	256
7.3.6 Penginstallan Tulangan <i>Shearwall</i>	256
7.3.7 Bekisting <i>Shearwall</i>	258
7.3.8 Pengecoran <i>Shearwall</i>	258

7.3.9 Pembongkaran Bekisting <i>Shearwall</i>	263
7.3.10 Perawatan Beton <i>Shearwall</i> (Curing).....	264
7.3.11 Durasi Waktu.....	265
BAB VIII KESIMPULAN	267
8.1 Kesimpulan.....	267
8.2 Saran.....	270
DAFTAR PUSTAKA.....	271
LAMPIRAN	273

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Site Plan dan Lokasi Eksisting Bangunan	4
Gambar 1. 2 Lokasi Pembangunan Gedung	5
Gambar 2. 1 Ss, Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko tertarget (MCER) (Gambar 9 SNI Gempa 1726-2012)	11
Gambar 2. 2 S1, Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko tertarget (MCER) (Gambar 10 SNI Gempa 1726-2012)	12
Gambar 2. 3 Grafik Respons Spektrum.....	14
Gambar 2. 4 Lebar Efektif Pelat.....	19
Gambar 2. 5 Persyaratan Tulangan Lentur SRPMK	23
Gambar 2. 6 Persyaratan Sambungan Lewatan SRPMK	24
Gambar 2. 7 Contoh-contoh sengkang tertutup dan batasan pada spasi horizontal maksimum	26
Gambar 2. 8 Persyaratan Tulangan Transversal.....	27
Gambar 2. 9 Gaya Geser Desain untuk Balok.....	28
Gambar 2. 10 Gaya Geser Desain untuk Balok.....	29
Gambar 2. 11 Persyaratan kekangan untuk sengkang tertutup persegi.....	34
Gambar 2. 12 Gaya Geser Desain untuk Kolom	35
Gambar 2. 13 Gaya Geser Desain untuk Kolom	35
Gambar 2. 14 Luas efektif hubungan balok-kolom.....	39
Gambar 3. 1 Denah, Tampak, dan Potongan Eksisting	46
Gambar 3. 2 Denah, Tampak, dan Potongan Modifikasi	47
Gambar 3. 3 Permodelan Struktur Gedung Menggunakan SAP 2000	49
Gambar 3. 4 Diagram Alir	53

Gambar 4. 1 Rencana dimensi balok induk 30/80.....	56
Gambar 4. 2 Rencana dimensi balok induk 35/50.....	56
Gambar 4. 3 Rencana dimensi balok anak 30/40	57
Gambar 4. 4 Rencana dimensi balok kantilever	58
Gambar 4. 5 Rencana dimensi balok lift	59
Gambar 4. 6 Rencana dimensi kolom 75/75.....	65
Gambar 4. 7 Rencana dimensi sloof 40/60.....	66
Gambar 5. 1 Elevator Hyundai.....	73
Gambar 5. 2 Pembebanan Pada Balok Penggantung Lift.....	74
Gambar 5. 3 Kategori resiko bangunan	76
Gambar 5. 4 Tabel Faktor Arah Angin.....	77
Gambar 5. 5 Tabel Klasifikasi Ketertutupan	77
Gambar 5. 6 Tabel 27.3-1 SNI 1727-2013	78
Gambar 5. 7 Koefisien Tekanan Dinding.....	79
Gambar 5. 8 Nilai S_s	81
Gambar 5. 9 Nilai S_1	82
Gambar 5. 10 Nilai F_a	82
Gambar 5. 11 Nilai F_v	82
Gambar 5. 12 Grafik Respons Spektrum.....	84
Gambar 5. 13 Balok yang Ditinjau	86
Gambar 5. 14 Tributary Area pada Balok yang Ditinjau.....	87
Gambar 5. 15 Kolom yang Ditinjau	89
Gambar 5. 16 Tributary Area pada Kolom yang Ditinjau	89
Gambar 5. 17 Permodelan Struktur Open Frame	91
Gambar 5. 18 Permodelan Struktur Dual System.....	97
Gambar 5. 19 Denah Rencana Lokasi Shearwall	98
Gambar 6. 1 Permodelan Pelat Lantai pada SAP.....	108
Gambar 6. 2 Pelat Tipe 1 (P1)	109
Gambar 6. 3 Denah Penempatan Tangga Pada Lantai 1	124
Gambar 6. 4 Denah Tangga.....	125
Gambar 6. 5 Dimensi Injakan dan Tanjakan Anak Tangga.....	125

Gambar 6. 6 Permodelan Tangga pada SAP 2000 v.14	127
Gambar 6. 7 Diagram Gaya Geser Balok Penggantung Lift	136
Gambar 6. 8 Penulangan Balok Penggantung Lift	141
Gambar 6. 9 Balok anak yang ditinjau	142
Gambar 6. 10 Diagram Gaya Geser Balok Penggantung Lift ...	146
Gambar 6. 11 Penulangan Balok Anak 30/40	152
Gambar 6. 12 Balok kantilever yang ditinjau.....	153
Gambar 6. 13 Diagram Gaya Geser Balok Kantilever	156
Gambar 6. 14 Penulangan Balok Kantilever 30/40	162
Gambar 6. 15 Denah Balok Induk yang ditinjau	163
Gambar 6. 16 Hasil Output SAP Momen Tumpuan Kanan	164
Gambar 6. 17 Hasil Output SAP Momen Tumpuan Kiri	165
Gambar 6. 18 Hasil Output SAP Momen Lapangan	165
Gambar 6. 19 Diagram Gaya Geser Akibat Goyangan ke Kanan dan Kiri.....	176
Gambar 6. 20 Hasil Output SAP Gaya Aksial	177
Gambar 6. 21 Hasil Output SAP Gaya Torsi	180
Gambar 6. 22 Hasil Output SAP Gaya Geser.....	180
Gambar 6. 23 Sketsa Lokasi Penampang dengan Momen 251,81 kNm pada Balok B1 saat mengalami Goyangan ke Kanan	185
Gambar 6. 24 Detail Tulangan untuk Penyaluran Kait Standar	187
Gambar 6. 25 Penulangan Balok Induk 30/80.....	189
Gambar 6. 26 Denah Balok Sloof yang ditinjau.....	190
Gambar 6. 27 Hasil Output SAP Momen Tumpuan Kanan	191
Gambar 6. 28 Hasil Output SAP Momen Tumpuan Kiri	191
Gambar 6. 29 Hasil Output SAP Momen Lapangan	191
Gambar 6. 30 Diagram Gaya Geser Akibat Goyangan ke Kanan dan Kiri.....	203
Gambar 6. 31 Hasil Output SAP Gaya Aksial	203
Gambar 6. 32 Hasil Output SAP Gaya Torsi	206

Gambar 6. 33 Hasil Output SAP Gaya Geser.....	206
Gambar 6. 34 Sketsa Lokasi Penampang dengan Momen 183,07 kNm pada Balok B1 saat mengalami Goyangan ke Kanan	211
Gambar 6. 35 Detail Tulangan untuk Penyaluran Kait Standar	213
Gambar 6. 36 Penulangan Balok Sloof 40/60	214
Gambar 6. 37 Kolom yang ditinjau	215
Gambar 6. 38 Diagram Interaksi pada Program SPColoumn....	216
Gambar 6. 39 Penampang Balok dan Pelat untuk Menentukan Tinggi Efektif	217
Gambar 6. 40 Output Diagram Interaksi P-M Kolom Desain ...	219
Gambar 6. 41 Shearwall yang ditinjau	229
Gambar 6. 42 Diagram Interaksi Dinding Struktural	233
Gambar 6. 43 Output nilai c dari PcaColoumn	234
Gambar 7. 1 Pembagian Wilayah Pengecoran.....	239
Gambar 7. 2 Site Plan Lokasi Pemasangan TC	240
Gambar 7. 3 Spesifikasi Concrete Pump	240
Gambar 7. 4 Spesifikasi Tower Crane.....	241
Gambar 7. 5 Flowchart Metode Pelaksanaan Pekerjaan Kolom	242
Gambar 7. 6 Denah Rencana Kolom	243
Gambar 7. 7 Sepatu Kolom	243
Gambar 7. 8 Installing Tulangan Kolom	244
Gambar 7. 9 Bagian-bagian Bekisting Kolom.....	244
Gambar 7. 10 Penempatan Bekisting Kolom sesuai Marking ...	245
Gambar 7. 11 Bagian Push Pull pada Bekisting Kolom.....	245
Gambar 7. 12 Tahapan Pengujian Slump Beton.....	246
Gambar 7. 13 Benda Uji Silinder	247
Gambar 7. 14 Penuangan Beton Segar dari Truk Mixer	247
Gambar 7. 15 Concrete Bucket Diangkut Dengan TC	248
Gambar 7. 16 Tabel Hubungan Kecepatan Pengisian Beton dengan Tekanan dan Temperatur	249

Gambar 7. 17 Proses pengecoran Kolom	250
Gambar 7. 18 Pembongkaran Clam Kolom	251
Gambar 7. 19 Pelepasan Push Pull	251
Gambar 7. 20 Pelepasan Panel-panel Bekisting	251
Gambar 7. 21 Curing Beton Kolom	252
Gambar 7. 22 Tabel Produktivitas Pekerjaan Kolom	252
Gambar 7. 23 Flowchart Metode Pelaksanaan Pekerjaan Shearwall	255
Gambar 7. 24 Pemasangan Sepatu Shearwall	256
Gambar 7. 25 Pemasangan Tulangan Shearwall	257
Gambar 7. 26 Tulangan Shearwall Terpasang	257
Gambar 7. 27 Bekisting Shearwall	258
Gambar 7. 28 Tahapan Pengujian Slump Beton	259
Gambar 7. 29 Benda Uji Silinder	259
Gambar 7. 30 Penuangan Beton Segar dari Truk Mixer	260
Gambar 7. 31 Concrete Bucket Diangkut Dengan TC	260
Gambar 7. 32 Tabel Hubungan Kecepatan Pengisian Beton dengan Tekanan dan Temperatur	261
Gambar 7. 33 Pengecoran Shearwall dengan Pipa Tremi	262
Gambar 7. 34 Shearwall yang Telah Dicor	262
Gambar 7. 35 Pelepasan Balok Perangkai pada Bekisting Shearwall	263
Gambar 7. 36 Pelepasan Push Pull Penyangga Bekisting	263
Gambar 7. 37 Pelepasan Panel-panel Bekisting	264
Gambar 7. 38 Curing Beton Shearwall	264
Gambar 7. 39 Tabel Produktivitas Pekerjaan Shearwall	265

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Klasifikasi Situs (Tabel 3 SNI 1726-2012)	9
Tabel 2. 2 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek (Tabel 6 SNI 1726- 2012).....	10
Tabel 2. 3 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik (Tabel 7 SNI 1726- 2012).....	11
Tabel 2. 4 Koefisien situs, F_a	13
Tabel 2. 5 Koefisien situs, F_v	13
Tabel 2. 6 Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung	16
Tabel 2. 7 Tebal minimum pelat tanpa balok interior (Tabel 9.5(c) SNI 2847-2013)	17
Tabel 2. 8 Panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir	31
Tabel 2. 8 Panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir	37
Tabel 3. 1 Perbandingan Kondisi Bangunan Eksisting dan Modifikasi.....	44
Tabel 5. 1 Spesifikasi Lift Merk Hyundai.....	72
Tabel 5. 2 Spesifikasi Lift Merk Hyundai (lanjutan)	72
Tabel 5. 3 Data Tanah Jalan Mulyorejo Utara Surabaya.....	81
Tabel 5. 4 Hasil Spektrum Respon Desain	84
Tabel 5. 5 Rekapitulasi Beban yang dipikul oleh kolom 1479....	90
Tabel 5. 6 Modal Load Participation Ratio OF	92
Tabel 5. 7 Periode Fundamental Struktur pada Modal dari SAP 92	
Tabel 5. 8 nilai C_t dan α	93
Tabel 5. 9 nilai C_u	93
Tabel 5. 10 Berat Struktur Didapatkan dari Base Reaction F_z	94
Tabel 5. 11 Base Reaction dari Program SAP 2000 v.14.....	95
Tabel 5. 12 Base Reaction dari Program SAP 2000 v.14 setelah Dikali Faktor Pembesaran	95

Tabel 5. 13 Kontrol simpangan antar lantai pada sumbu X	96
Tabel 5. 14 Kontrol simpangan antar lantai pada sumbu Y	96
Tabel 5. 15 Besar gaya gempa yang Ditumpu SRPM dan Shearwall Pada Kombinasi Beban Gempa	99
Tabel 5. 16 Presentase Struktur Dalam Menahan Gaya Gempa..	99
Tabel 5. 17 Modal Load Participation Ratio	100
Tabel 5. 18 Periode Fundamental Struktur pada Modal dari SAP	100
Tabel 5. 19 Nilai Ct dan x	101
Tabel 5. 20 Nilai Cu	101
Tabel 5. 21 Rekapitulasi Nilai Cs	103
Tabel 5. 22 Berat Struktur Didapatkan dari Base Reaction Fz..	104
Tabel 5. 23 Base Reaction dari Program SAP 2000 v.14	104
Tabel 5. 24 Base Reaction dari Program SAP 2000 v.14 setelah Dikali Faktor Pembesaran	105
Tabel 5. 25 Kontrol simpangan antar lantai pada sumbu X	106
Tabel 5. 26 Kontrol simpangan antar lantai pada sumbu Y	106
Tabel 6. 1 Perbandingan Momen yang Terjadi Dihitung Menggunakan SAP 2000 v.14 dan Tabel Koefisien Momen.....	108
Tabel 6. 2 Hasil Perhitungan Kebutuhan Tulangan P1.....	123
Tabel 6. 3 Hasil Perhitungan Kebutuhan Tulangan Pelat Tangga	129
Tabel 6. 4 Momen Envelope pada balok akibat beban gravitasi dan beban gempa	165
Tabel 6. 5 Konfigurasi Penulangan Balok Induk Memanjang B1	173
Tabel 6. 6 Gaya Geser di Muka Kolom Kiri dan Kanan	177
Tabel 6. 7 Momen Envelope pada balok akibat beban gravitasi dan beban gempa	192
Tabel 6. 8 Konfigurasi Penulangan Balok Sloof	200

Tabel 6. 9 Gaya Geser di Muka Kolom Kiri dan Kanan	203
Tabel 7. 1 Kebutuhan Volume Tulangan K1A.....	253
Tabel 7. 2 Kebutuhan Volume Bekisting K1A	253
Tabel 7. 3 Kebutuhan Volume Beton $f_c'35$ Mpa	253
Tabel 7. 4 Durasi waktu pada setiap pelaksanaan pekerjaan kolom	254
Tabel 7. 5 Kebutuhan Volume Tulangan SW1	265
Tabel 7. 6 Kebutuhan Volume Bekisting SW1	265
Tabel 7. 7 Kebutuhan Volume Beton $f_c'35$ Mpa	266
Tabel 7. 8 Durasi waktu pada setiap pelaksanaan pekerjaan shearwall.....	266

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR NOTASI

b_w	= lebar badan (web), mm.
D	= pengaruh dari beban mati.
F_a	= koefisien situs untuk perioda pendek (pada perioda 0,2 detik).
F_v	= koefisien situs untuk perioda panjang (pada perioda 1 detik).
f'_c	= kekuatan tekan beton yang disyaratkan, Mpa.
f_y	= kekuatan leleh tulangan yang disyaratkan, Mpa.
h	= tebal atau tinggi keseluruhan komponen struktur, mm.
h_w	= tinggi bersih segmen yang ditinjau, mm.
I	= momen inersia penampang terhadap sumbu pusat, mm ⁴ .
I_b	= momen inersia penampang bruto balok terhadap sumbu pusat, mm ⁴ .
l_n	= panjang bentang bersih yang diukur muka ke muka tumpuan, mm.
l	= panjang bentang balok atau slab satu arah, mm.
L	= beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan, dan lain-lain.
L_r	= beban hidup di atap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, dan material, atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak.
R air.	= beban hujan, tidak termasuk yang diakibatkan genangan air.
S_s	= parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada perioda pendek, redaman 5 persen.
S_1	= parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada perioda 1 detik, redaman 5 persen.
S_{DS}	= parameter percepatan respons spektral pada perioda pendek, redaman 5 persen.
S_{D1}	= parameter percepatan respons spektral pada perioda 1 detik, redaman 5 persen.

S_{MS}	= parameter percepatan respons spektral MCE pada perioda pendek yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs.
S_{M1}	= parameter percepatan respons spektral MCE pada perioda 1 detik yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs.
S_n	= kekuatan lentur, geser atau aksial nominal sambungan.
T	= perioda fundamental bangunan (seperti yang ditentukan dalam SNI 1726:2012 Pasal 7.8.2)
T_0	$= 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$
T_s	$= \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$
W	= beban angin.
α_1	= rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur lebar plat yang dibatasi secara lateral oleh garis pusat panel yang disebelahnya(jika ada) pada setiap sisi balok.
ϕ_b	= faktor reduksi (0,9).
d_b	= diameter nominal batang tulangan, kawat, atau strand prategang, mm.
l_d	= panjang penyaluran tarik batang tulangan ulir, kawat ulir, tulangan kawat las polos dan ulir, atau strand pratarik, mm.
l_{dc}	= panjang penyaluran tekan batang tulangan ulir dan kawat ulir, mm.
l_{dh}	= panjang penyaluran tarik batang tulangan ulir atau kawat ulir dengan kait standar, yang diukur dari penampang kritis ujung luar kait (panjang penanaman lurus antara penampang kritis dan awal kait[titik tangen] ditambah jari-jari dalam bengkokan dan satu diameter batang tulangan), mm.
V_{u1}	= gaya geser pada muka perletakan.
M_{nl}	= momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kiri).
M_{nr}	= momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kanan)
l_n	= bentang bersih balok

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagian besar wilayah di Indonesia merupakan wilayah yang rawan gempa, untuk mengurangi risiko kerugian yang timbul akibat bencana gempa tersebut perlu direncanakan struktur bangunan tahan gempa. Perencanaan struktur bangunan tahan gempa harus menjamin bangunan tidak mengalami keruntuhan seketika ketika terjadi gempa tinggi sehingga penghuni dapat menyelamatkan diri. Hal tersebut dapat dicapai jika struktur gedung mampu melakukan perubahan secara duktail.

Gedung Perkuliahan Fakultas Pertanian yang terletak di Surakarta, sebelumnya merupakan gedung yang terdiri dari 5 lantai dengan atap baja. Dalam Tugas Akhir Terapan ini, gedung perkuliahan dimodifikasi menjadi 11 lantai dengan atap beton untuk menambah kapasitas bangunan sebagai ruang perkuliahan mahasiswa dan sebagai syarat batas jumlah lantai untuk penyusunan Tugas Akhir Terapan strata Diploma IV serta direncanakan akan dibangun menggunakan data tanah kota Surabaya. Gedung perkuliahan ini dikenakan kategori desain seismik (KDS) D berdasarkan nilai SPT nya serta difungsikan sebagai fasilitas pendidikan dan ruang perkuliahan yang termasuk dalam kategori risiko IV. Menurut SNI 1726-2012 struktur bangunan beton bertulang yang dikenakan KDS D, E atau F harus direncanakan dengan menggunakan sistem struktur penahan beban lateral yang memenuhi persyaratan detailing yang khusus atau memiliki tingkat duktilitas penuh dan pengaruh gempa rencana harus ditinjau dengan periode ulang gempa 2500 tahun. Oleh sebab itu, gedung perkuliahan di Surabaya akan dimodifikasi ulang menggunakan Sistem Ganda (*Dual System*) yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan *shearwall*.

Untuk sistem ganda, SNI Gempa pasal 7.2.5.1 mensyaratkan rangka pemikul momen harus mampu menahan paling sedikit 25% dari beban lateral atau gaya gempa desain. Gaya

gempa total harus dipikul secara bersama-sama oleh kombinasi rangka pemikul momen dan *shearwall*. Pendistribusian ini pun harus proporsional terhadap kekakuannya masing-masing. (Imran, Iswandi dan Fajar Hendrik, 2014)

Dalam perencanaan gedung perkuliahan di Surabaya ini akan mengacu pada beberapa peraturan yaitu, persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung (SNI 2847-2013), tata cara desain ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung (SNI 1726-2012), dan beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain (SNI 1727-2013).

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan pokok yang terkait dengan perancangan modifikasi struktur gedung Perkuliahan Fakultas Pertanian di Surabaya adalah:

1. Bagaimana merencanakan sistem struktur yang efisien untuk gedung perkuliahan 11 lantai di Surabaya agar mampu menahan beban gravitasi, beban layan, dan beban gempa yang bekerja.
2. Bagaimana merencanakan detailing penulangan pada elemen struktur dan joint balok-kolom sesuai dengan sistem struktur yang digunakan.
3. Bagaimana membuat metode pelaksanaan untuk pekerjaan struktur kolom dan *shearwall*.
4. Bagaimana menuangkan hasil perhitungan ke dalam gambar teknik.

1.3 Batasan Masalah

Ruang lingkup perencanaan Tugas Akhir Terapan ini dibatasi pada:

1. Data tanah menggunakan data SPT daerah Mulyorejo Utara, Surabaya.
2. Analisa Struktur:
 - Metode yang digunakan adalah Open Frame dan *Dual System*

- Beban gempa pada struktur dihitung dengan metode respons spektrum desain sesuai SNI 03-1726-2012.
- 3. Tidak merencanakan dan menghitung pilecap serta pondasi
- 4. Metode pelaksanaan yang dibahas hanya pada pekerjaan struktur kolom dan *shearwall*.
- 5. Tugas akhir terapan ini tidak meninjau analisa biaya, manajemen konstruksi, serta utilitas dan arsitektural bangunan.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penulisan Tugas Akhir Terapan ini adalah:

1. Mampu merencanakan sistem struktur yang efisien untuk gedung perkuliahan 11 lantai di Surabaya agar mampu menahan beban gravitasi, beban layan, dan beban gempa yang bekerja.
2. Mampu merencanakan detailing penulangan pada elemen struktur dan joint balok-kolom sesuai dengan sistem struktur yang digunakan.
3. Mampu menerapkan metode pelaksanaan untuk pekerjaan struktur kolom dan *shearwall*.
4. Mampu menuangkan hasil perhitungan ke dalam gambar teknik.

1.5 Manfaat

Manfaat dari pengerjaan Tugas Akhir Terapan ini diharapkan dapat mendesain struktur gedung dengan menggunakan *Dual System* yaitu SRPMK dan *shearwall*, serta dapat memahami disiplin ilmu dan menambah wawasan secara lebih detail dalam tata-cara perencanaan struktur beton bertulang tahan gempa yang mengacu pada SNI 2847-2013, SNI 1726-2012, dan SNI 1727-2013.

1.6 Lokasi Studi

Gedung Perkuliahan ini direncanakan akan dibangun di kota Surabaya, yaitu di Jalan Mulyorejo Utara sesuai dengan data tanah yang ada.



Gambar 1. 1 Site Plan dan Lokasi Eksisting Bangunan



Jl. Mulyorejo Utara, Mulyorejo, Kota SBY, Jawa Timur

Gambar 1. 2 Lokasi Pembangunan Gedung

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Pembangunan struktur gedung bertingkat pada daerah dengan risiko gempa tinggi perlu dipertimbangkan adanya gaya lateral yang bekerja terhadap struktur. Untuk itu bangunan direncanakan menggunakan *Dual System* yaitu SRPMK dan *shearwall* karena sistem rangka pemikul momen sekurang-kurangnya memikul 25% dari beban lateral dan sisanya dipikul oleh *shearwall*. Pada bab ini akan dibahas mengenai pembebanan untuk struktur gedung Perkuliahan di Surabaya, analisa struktur, perencanaan dimensi dan penulangan komponen struktur, dll.

2.2 Pengertian Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM)

Berdasarkan SNI 1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung, ada beberapa sistem struktur yang dapat diterapkan dalam bangunan untuk menahan gempa, salah satunya adalah Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM). SRPM adalah sistem rangka ruang dimana komponen-komponen struktur balok, kolom, dan joint-jointnya menahan gaya-gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser dan aksial. Di dalam SRPM ini dibagi menjadi 3 jenis yaitu:

- Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) yang digunakan untuk KDS A dan B.
- Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) yang digunakan untuk KDS C.
- Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) yang digunakan untuk KDS D, E atau F.

Gedung Perkuliahan Fakultas Pertanian di Surabaya ini dikenakan ke dalam KDS D berdasarkan nilai SPTnya. Oleh sebab itu gedung perkuliahan direncanakan menggunakan SRPMK. SRPMK adalah suatu sistem rangka yang selain memenuhi ketentuan-ketentuan untuk rangka pemikul momen biasa juga memenuhi ketentuan-

ketentuan SNI 2847 pasal 21.1.2 hingga 21.1.8, pasal 21.5 hingga 21.8, serta pasal 21.11. hingga 21.13.

2.3 Pengertian Sistem Ganda

Sistem ganda adalah sistem struktur dengan rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul oleh sistem rangka pemikul momen dan dinding geser ataupun oleh rangka pemikul momen dan rangka bresing (SNI 1726-2012 pasal 3.49)

Pada Sistem Ganda, beban lateral gempa bumi (V) dipikul bersama oleh dinding struktur dan Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) secara proporsional berdasarkan kekakuan relatif masing-masing tetapi juga memperhitungkan interaksi kedua sistem disemua tingkat. Kecuali itu, untuk pengamanan terhadap keruntuhan, kerangka penahan momen harus didesain secara tersendiri agar mampu menahan sedikitnya 25% dari V. (Rahmat Purwono, 2005)

Pada SNI 03-1726-2012 Tabel 9, sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25% gaya gempa yang ditetapkan dengan dinding geser bertulang khusus memiliki nilai Koefisien Modifikasi Respons (R) = 7; Faktor Kuat-Lebih Sistem (Ω_0) = 2,5; dan Faktor Pembesaran Defleksi (C_d) = 5,5.

2.4 Pembebanan

2.4.1 Beban Mati

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layanan terpasang lain termasuk berat keran. (SNI 1727-2013 pasal 3.1 poin 3.1.1)

2.4.2 Beban Hidup

Beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati. (SNI 1727-2013 pasal 4.1)

2.4.3 Beban Angin

Bangunan gedung dan struktur lain, termasuk Sistem Penahan Beban Angin Utama (SPBAU) dan seluruh komponen dan klading gedung, harus dirancang dan dilaksanakan untuk menahan beban angin seperti yang ditetapkan menurut pasal 26 sampai dengan pasal 31. Ketentuan dalam pasal ini mendefinisikan parameter angin dasar untuk digunakan dengan ketentuan lainnya yang terdapat dalam standar ini. (SNI 1727:2013 Pasal 26)

2.4.4 Beban Gempa

Beban gempa adalah beban yang timbul akibat percepatan getaran tanah pada saat gempa terjadi. Untuk merencanakan struktur bangunan tahan gempa, perlu diketahui klasifikasi situs tanah dan percepatan yang terjadi pada batuan dasar.

a. Klasifikasi Situs Tanah

SNI Gempa 1726-2012 (BSN, 2012) Pasal 5, seperti terlihat pada Tabel 1 (atau Tabel 3 SNI Gempa 1726-2012), mengklasifikasikan situs tanah kedalam 6 kelompok. Pengelompokan dibuat berdasarkan:

Tabel 2. 1 Klasifikasi Situs (Tabel 3 SNI 1726-2012)

Kelas situs	\bar{V}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{sa}	\bar{s}_u (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100

SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{s}_u < 50$ kPa		

*N/A = not applicable

b. Kategori Risiko Bangunan Gedung

Kategori risiko bangunan gedung dibedakan sesuai dengan fungsi dari bangunan tersebut. Banyak faktor yang mempengaruhi dari tingkat kategori risiko bangunan seperti: tingkat risiko terhadap jiwa manusia saat terjadi kegagalan, potensi menyebabkan dampak ekonomi dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat apabila terjadi kegagalan, serta keharusan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan sesuai SNI 03-1726-2012 Tabel 1.

c. Kategori Desain Seismik

Semua struktur harus ditetapkan kategori desain seismiknya berdasarkan kategori risikonya dan parameter respons spektral percepatan desainnya, S_{DS} dan S_{D1} .

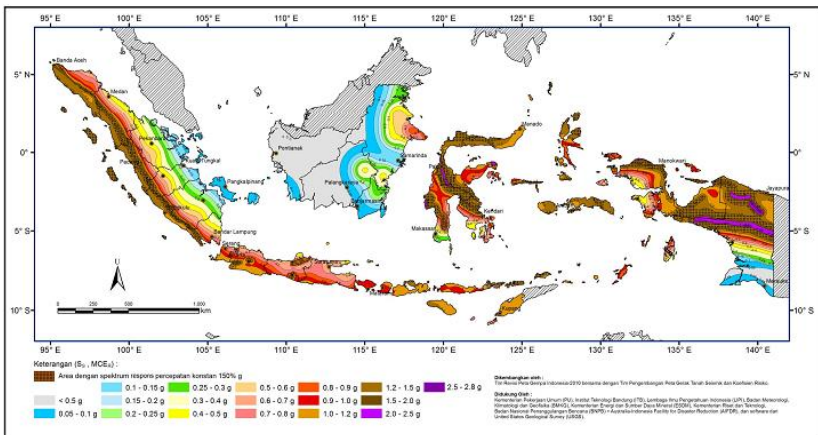
Tabel 2. 2 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek (Tabel 6 SNI 1726-2012)

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

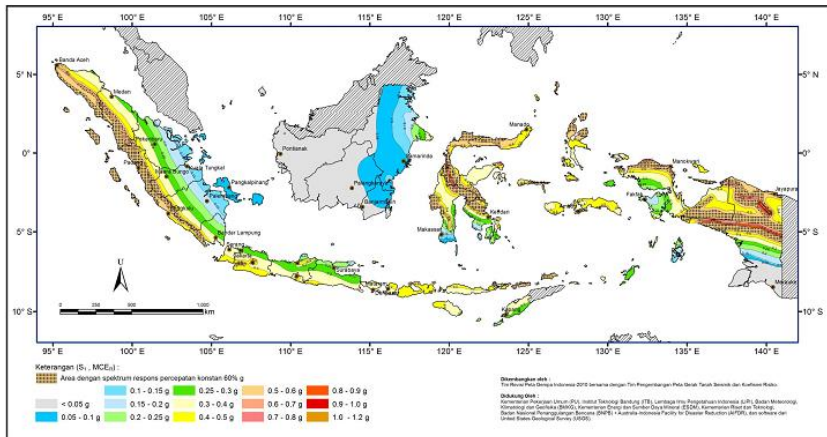
Tabel 2. 3 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik (Tabel 7 SNI 1726-2012)

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,167$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

Untuk menentukan nilai S_{DS} dan S_{D1} dapat diperoleh dari parameter nilai percepatan respons spektral gempa (S_S) dan (S_1) yang ada pada gambar peta gempa Indonesia.



Gambar 2. 1 S_s , Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko tertarget (MCER) (Gambar 9 SNI Gempa 1726-2012)



Gambar 2. 2 S1, Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko tertarget (MCER) (Gambar 10 SNI Gempa 1726-2012)

Parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan periode 1 detik (S_{M1}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan berikut ini sesuai SNI 1726-2012 pers.5 dan pers.6

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s \quad (2.1)$$

$$S_{M1} = F_v \cdot S_1 \quad (2.2)$$

Keterangan:

F_a : Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek

F_v : Faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik

Dan koefisien situs F_a dan F_v mengikuti tabel berikut :

Tabel 2. 4 Koefisien situs, F_a

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS^b				

Catatan: Untuk nilai-nilai antara S_s dapat dilakukan interpolasi linier

Tabel 2. 5 Koefisien situs, F_v

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan pada periode 1 detik, S_1				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS^b				

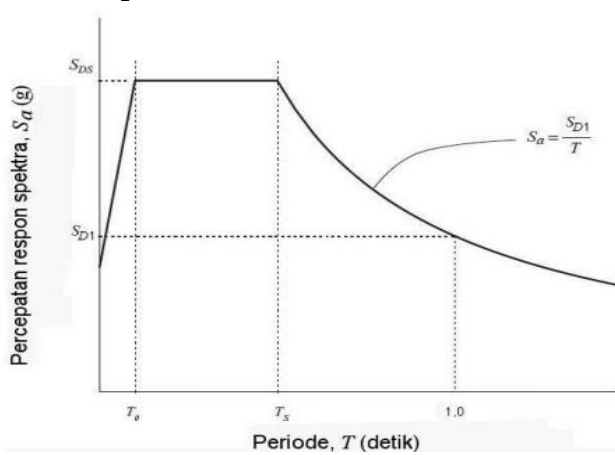
Catatan: Untuk nilai-nilai antara S_1 dapat dilakukan interpolasi linier

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek (S_{DS}) dan pada periode 1 detik (S_{D1}), harus ditentukan melalui perumusan berikut sesuai SNI 1726-2012 pers.7 dan pers.8 :

$$S_{DS} = 2/3 S_{MS} \quad (2.3)$$

$$S_{D1} = 2/3 S_{M1} \quad (2.4)$$

d. Spektrum Respon Desain



Gambar 2. 3 Grafik Respons Spektrum

Sesuai SNI 1726-2012 pers.9 dan pers.10

$$T_0 = 0,2 \cdot \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (2.5)$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

Ketentuan untuk perhitungan respons spectrum sesuai SNI 1726-2012 Pasal 6.4 :

- Untuk $T < T_0$, nilai S_a sebagai berikut:

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \cdot \frac{T}{T_0} \right) \quad (2.7)$$

- Untuk $T \geq T_0$ dan $T \leq T_s$, nilai $S_a = S_{DS}$

- Untuk nilai $T > T_s$, nilai $S_a = \frac{S_{D1}}{T}$

Keterangan :

S_{DS} = parameter respons spektral percepatan desain pada periode pendek;

S_{D1} = parameter respons spektral percepatan desain pada
periode 1 detik;

T = periode getar fundamental struktur

2.4.5 Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan SNI 1727-2013 pasal 2.3.2, Kombinasi pembebanan ultimate yang digunakan untuk perhitungan penulangan adalah sebagai berikut:

1. $1,4 D$
2. $1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
3. $1,2 D + 1,6 (L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
4. $1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
5. $1,2 D + 1,0 E + L$
6. $0,9 D + 1,0 W$
7. $0,9 D + 1,0 E$

Pengecualian:

1. Faktor beban pada L dalam kombinasi 3, 4, dan 5 diizinkan sebesar 0,5 untuk semua tingkat hunian bila L_o pada Tabel 4-1 SNI 1727-2013 kurang dari atau sama dengan 100 psf (4,79 kN/m²), dengan pengecualian daerah garasi atau luasan yang ditempati merupakan tempat pertemuan.
2. Dalam kombinasi 2, 4, dan 5 beban pendampin S harus diambil sebagai salah satu beban atap rata bersalju (pt) atau beban atap miring bersalju (ps).

Keterangan :

- D = beban mati
 L = beban hidup
 L_r = beban hidup atap
 W = beban angin
 R = beban hujan
 E = beban gempa

2.5 Pelat

2.5.1 Preliminary Dimensi Pelat

Perencanaan Pelat Satu Arah

Konstruksi pelat satu arah memiliki rasio bentang terpanjang terhadap bentang terpendek lebih dari 2 (SNI 2847-2013 pasal 9.5.3.2)

$$\frac{l_y}{l_x} > 2$$

Untuk memenuhi syarat lendutan, tebal pelat minimum satu arah yang harus dipenuhi ditentukan dalam Tabel 9.5(a).

Tabel 2. 6 Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung

Komponen struktur	Tebal minimum, h			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu-arah	$\ell / 20$	$\ell / 24$	$\ell / 28$	$\ell / 10$
Balok atau pelat rusuk satu-arah	$\ell / 16$	$\ell / 18,5$	$\ell / 21$	$\ell / 8$
CATATAN: Panjang bentang dalam mm. Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan tulangan Mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut: (a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (<i>equilibrium density</i>), w_c , di antara 1440 sampai 1840 kg/m ³ , nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,0003w_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,09. (b) Untuk f_y selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$.				

Perencanaan Pelat Dua Arah

Konstruksi pelat dua arah memiliki rasio bentang terpanjang terhadap bentang terpendek kurang dari 2 (SNI 2847-2013 pasal 9.5.3.2)

$$\frac{l_y}{l_x} < 2$$

Tabel 2. 7 Tebal minimum pelat tanpa balok interior (Tabel 9.5(c) SNI 2847-2013)

Tegangan leleh, f_y MPa ¹	Tanpa penebalan ²			Dengan penebalan ²		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir ³		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir ³	
280	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 40$	$\ell_n / 40$
420	$\ell_n / 30$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$
520	$\ell_n / 28$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 34$	$\ell_n / 34$

¹Untuk konstruksi dua arah, ℓ_n adalah panjang bentang bersih dalam arah panjang, diukur muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka ke muka balok atau tumpuan lainnya pada kasus yang lain.
²Untuk f_y antara nilai yang diberikan dalam tabel, tebal minimum harus ditentukan dengan interpolasi linier.
³Panel drop didefinisikan dalam 13.2.5.
⁴Pelat dengan balok di antara kolom kolomnya di sepanjang tepi eksterior. Nilai α untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8.

Untuk pelat dengan balok yang membentang di antara tumpuan pada semua sisinya, tebal minimumnya, h , harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- (a) Untuk α_m yang sama atau lebih kecil dari 0,2, harus menggunakan Tabel 9.5(c)
- Tanpa panel drop (drop panels) 125 mm
 - Dengan panel drop (drop panels) 100 mm
- (b) Untuk α_m lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0, h tidak boleh kurang dari

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 5\beta(\alpha_m - 0,2)} \quad (2.10)$$

dan tidak boleh kurang dari 125 mm;

- (c) Untuk α_m lebih besar dari 2,0, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari:

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 9\beta} \quad (2.11)$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm.

Dimana:

h = Tebal pelat

f_y = kekuatan tulangan leleh yang disyaratkan

Untuk nilai α_m didapatkan dari rumus berikut:

Rasio kekakuan balok terhadap pelat diatur pada SNI 03-2847-2013, Pasal 13.3.6:

$$\alpha = \frac{E_{balok} \cdot I_{balok}}{E_{plat} \cdot I_{plat}} \quad (2.12)$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} \quad (2.13)$$

$$I_{balok} = \frac{1}{12} \times K \times b \times h^3 \quad (2.14)$$

$$I_{plat} = Ly \times \frac{(hf)^3}{12} \quad (2.15)$$

Dimana nilai K adalah:

$$K = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h_w}\right) \times \left[4 - 6 \left(\frac{h_f}{h_w}\right) + 4 \left(\frac{h_f}{h_w}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h_w}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h_w}\right)} \quad (2.16)$$

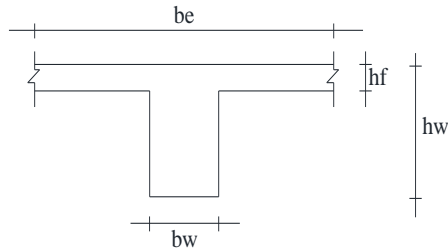
Untuk mencari lebar flens pada balok tengah sesuai SNI adalah sebagai berikut:

Nilai be :

$$be = bw + 2(h_w - h_f)$$

$$be = bw + 8h_f$$

Dari kedua nilai be tersebut diambil yang terkecil.



Gambar 2. 4 Lebar Efektif Pelat

Dimana:

α_m = Nilai rata-rata dari α untuk sebuah balok pada tepi dari semua panel

α = Rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur dari pelat dengan lebar yang dibatasi secara lateral oleh garis panel yang bersebelahan pada tiap sisi balok

ℓ_n = Panjang bentang bersih pada arah memanjang dari konstruksi dua arah, yang diukur dari muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok

S_n = Panjang bentang bersih pada arah melintang dari konstruksi dua arah, yang diukur dari muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok

β = Rasio bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah melintang dari pelat

b_e = Lebar efektif pelat

b_w = Lebar balok

h_f = Tinggi pelat

h_w = Tinggi balok

2.5.2 Penulangan Pelat

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 7.12.2.1 Luasan tulangan susut dan suhu harus disediakan paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang, tetapi tidak kurang dari 0,0014. Untuk spasi tulangan susut dan suhu sesuai pasal 7.12.2.2 :

$$S_{maks} < 5 \times h_f \quad (2.17)$$

Spasi tulangan pada penampang kritis:

$$S_{maks} < 2 \times h_f \quad (2.18)$$

Langkah-langkah perhitungan penulangan lentur pada pelat:

1. Mencari momen nominal (M_n)

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} \quad (2.19)$$

Dimana :

M_u = Momen ultimate dari pelat yang ditinjau

ϕ = Faktor reduksi pelat (untuk lentur diambil nilai = 0,8)

2. Mencari koefisien tahanan momen (R_n)

$$R_n = \frac{M_n}{b.d^2} \quad (2.20)$$

Dimana :

b = lebar elemen (m)/untuk pelat dihitung setiap 1 meter lari

d = tinggi efektif elemen

3. Mencari rasio tulangan (ρ)

$$m = \frac{f_y}{0,85.F_c} \quad (\text{Disain Beton Bertulang hal. 55 Pers. 3.8.4.a}) \quad (2.21)$$

$$\rho_b = \frac{0,85.F_c.\beta_1}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \quad (\text{SNI 03-2847-2013 Lampiran B.8.4.2}) \quad (2.22)$$

dimana,

$$\beta_1 = 0,85$$

untuk $f_c' \leq 30 \text{ Mpa}$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,008 (f_c' - 30) \quad \text{untuk } f_c' > 30 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} \text{ (SNI 03-2847-2013 Pasal 10.5.1) (2.23)}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b \text{ (SNI 2847-2013 Lampiran B.10.3.3) (2.24)}$$

Dimana :

ρ_b : rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan seimbang

β_1 : faktor tinggi balok tegangan tekan persegi ekuivalen beban

f_c' : kuat tekan beton yang direncanakan pada umur 28 hari (Mpa)

f_y : tegangan leleh tulangan

ρ_{\max} : rasio tulangan maksimal

4. Mencari rasio tulangan yang dibutuhkan (ρ_{perlu})

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\text{(Disain Beton Bertulang hal. 55 Pers. 3.8.4.a)} \quad (2.25)$$

Jika $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$, maka ρ_{perlu} dinaikkan 30%, sehingga:

$$\rho_{\text{pakai}} = 1,3 \times \rho_{\text{perlu}} \quad (2.26)$$

5. Menghitung kebutuhan tulangan (As)

$$As_{\text{perlu}} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \quad (2.27)$$

Tulangan yang dipakai (As_{used}) > As_{perlu} (OKE)

Dimana :

ρ = rasio tulangan yang diperlukan

b = lebar elemen (m)/untuk pelat dihitung setiap 1 meter lari

d = tinggi efektif elemen

6. Cek kapasitas penampang

$$- a = \frac{As \cdot f_y}{0,85 \cdot F_c \cdot b} \quad (2.28)$$

$$- \phi Mn = As \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) > Mu \text{ (OKE)} \quad (2.29)$$

2.6 Tangga

2.6.1 Preliminary Dimensi Tangga

Dalam merencanakan dimensi anak tangga dan bordes, digunakan persyaratan sebagai berikut:

$$60 \text{ cm} \leq (2t + i) \leq 65 \text{ cm} \quad (2.30)$$

Dimana:

t = Tanjakan dengan $t \leq 25 \text{ cm}$

i = Injakan dengan $25 \text{ cm} \leq i \leq 40 \text{ cm}$

Dalam perencanaan tangga, sudut maksimal tangga adalah 40°

2.7 Balok

2.7.1 Preliminary Dimensi Balok

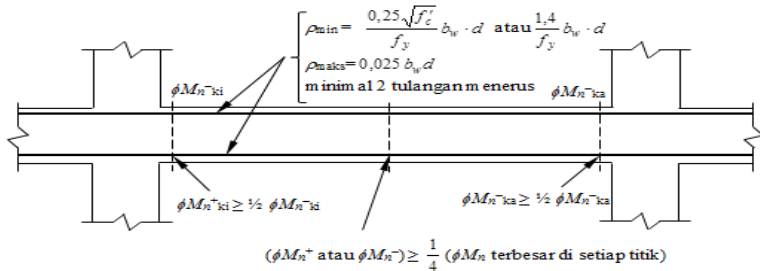
Untuk perencanaan dimensi balok sama dengan perencanaan pelat satu arah yang mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 9.5.2 Tabel 9.5(a) diatas. Balok yang direncanakan dengan SRPMK harus memenuhi ketentuan SNI 2847-2013 pasal 21.5.1 sebagai berikut :

- Gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur, P_u , tidak boleh melebihi $A_g \cdot f'_c / 10$
- Bentang bersih untuk komponen struktur, l_n , tidak boleh kurang dari 4 kali tinggi efektifnya ($l_n \geq 4d$)
- Lebar komponen, b_w , tidak kurang dari 0,3 kali tinggi penampang namun tidak boleh diambil kurang dari 250 mm ($b_w \geq 0,3h$ atau 250 mm)
- Lebar komponen struktur, b_w , tidak boleh melebihi lebar komponen struktur penumpu, c_2 (lebar kolom), ditambah nilai terkecil dari (a) dan (b):
 - (a) Lebar komponen struktur penumpu, c_2 , dan
 - (b) 0,75 kali dimensi keseluruhan komponen struktur penumpu, c_1 (lebar kolom).

2.7.2 Penulangan Balok

a) Penulangan Lentur

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.5.2, ketentuan untuk tulangan longitudinal adalah sebagai berikut :



Gambar 2. 5 Persyaratan Tulangan Lentur SRPMK

1. Pada sebarang penampang komponen struktur lentur, untuk tulangan atas maupun bawah, As yang tersedia tidak boleh kurang dari yang diberikan oleh Pers. (10-3)

$$A_s, \min = \frac{0,25 \sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d \quad (2.31)$$

dan tidak kurang dari $\frac{1,4 b_w d}{f_y} \quad (2.32)$

Dimana:

A_s = Luas tulangan

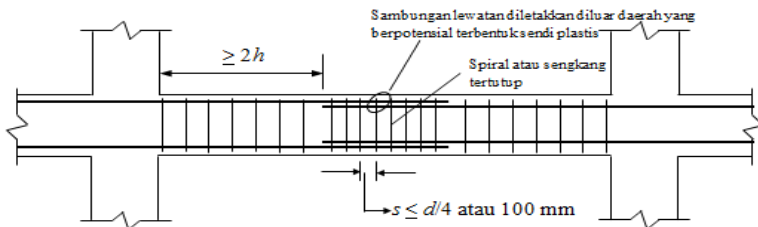
b_w = Lebar komponen balok

d = Tinggi efektif balok

dan rasio tulangan, ρ , tidak boleh melebihi **0,025**. Paling sedikit dua batang tulangan harus disediakan menerus pada kedua sisi atas dan bawah.

2. Kuat lentur (+) komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari 1/2 kuat lentur (-) nya pada muka tersebut. Baik kuat lentur (-) maupun kuat lentur (+) pada setiap penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari 1/4 kuat lentur terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom tersebut.

3. Sambungan lewatan pada tulangan lentur hanya diizinkan jika ada tulangan spiral atau sengkang tertutup yang mengikat bagian tersebut. Spasi sengkang yang mengikat daerah sambungan lewatan tersebut tidak melebihi $d/4$ atau 100 mm. Sambungan lewatan tidak boleh digunakan:
 - (a) pada daerah hubungan balok-kolom
 - (b) pada daerah hingga jarak dua kali tinggi balok dari muka kolom, dan



Gambar 2. 6 Persyaratan Sambungan Lewatan SRPMK

Langkah-langkah perhitungan penulangan lentur pada balok menggunakan tulangan rangkap, untuk tulangan tunggal sama dengan perhitungan tulangan pelat :

1. Hitung M_u yang diperoleh dari momen tumpuan dan lapangan pada balok yang didapat dari output program bantu SAP 2000 v.14.
2. Hitung Momen Nominal (M_n), SNI 03-2847-2013 Pasal 22.5.1

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} \quad (2.33)$$

Dimana :

M_u = Momen ultimate dari balok yang ditinjau

ϕ = Faktor reduksi balok (0,9)

3. Hitung X_b (garis netral dalam kondisi balanced)

$$X_b = \frac{600}{600 + f_y} \cdot d \quad (2.34)$$

Dimana :

f_y = kekuatan leleh tulangan (Mpa)

d = tinggi balok (mm)

4. Hitung X_r (garis netral rencana)

$$X_r \leq 0,75 X_b \quad (2.35)$$

Untuk mengurangi lendutan disarankan pakai $X_r=0,625X_b$

5. Menghitung luas tulangan tekan (A_{sc})

$$A_{sc} = \frac{0.85\beta_1 f'_c b X_r}{f_y} \quad (2.36)$$

Dimana :

β_1 = faktor tinggi balok tegangan tekan persegi ekuivalen beban
 f'_c = kuat tekan beton yang direncanakan pada umur 28 hari
 (Mpa)

6. Menghitung momen nominal tekan (M_{nc})

$$M_{nc} = A_{sc} f_y \left(d - \frac{\beta_1 X_r}{2} \right) \quad (2.37)$$

7. Hitung $M_n - M_{nc}$

a. Bila $M_n - M_{nc} > 0$ perlu tulangan tekan (2.38)

b. Bila $M_n - M_{nc} < 0$ tidak perlu tulangan tekan (2.39)

8. Bila perlu tulangan tekan, hitung :

$$C_s' = T_2 = \frac{M_n - M_{nc}}{d - d''} \quad (2.40)$$

9. Hitung :

a. $f_s' = \left(1 - \frac{d''}{X_r}\right) 0.003 * E_s \geq f_y$, maka tulangan tekan
 leleh $f_s' = f_y$ (2.41)

b. $f_s' = \left(1 - \frac{d''}{X_r}\right) 0.003 * E_s < f_y$, maka tulangan tekan
 tidak leleh $f_s' = f_s'$ (2.42)

Dimana :

E_s = modulus elastisitas baja (200.000 Mpa)

d = Tinggi efektif balok

f_y = Kekuatan tulangan leleh

10. Hitung tulangan tekan perlu (A_s') dan tulangan tarik tambahan (A_{ss})

$$A_s' = \frac{C_s'}{(f_s' - 0.85f_c')} \quad (2.43)$$

$$\text{Dan } A_{ss} = \frac{T_2}{f_y} \quad (2.44)$$

11. Tulangan perlu

$$- A_s = A_{sc} + A_{ss} \quad (2.45)$$

$$- A_s' = A_s' \quad (2.46)$$

Dimana :

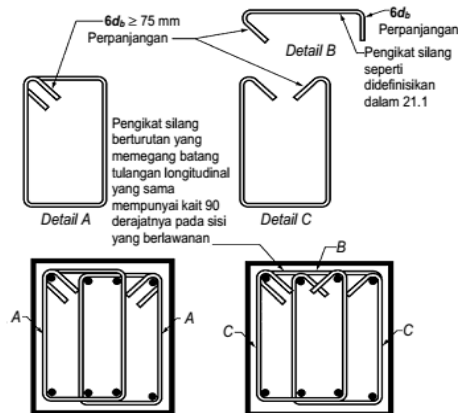
A_s = Tulangan tarik perlu

A_s' = Tulangan tekan perlu

12. Kontrol Kekuatan

$$\phi \cdot M_n \geq M_U \quad (2.47)$$

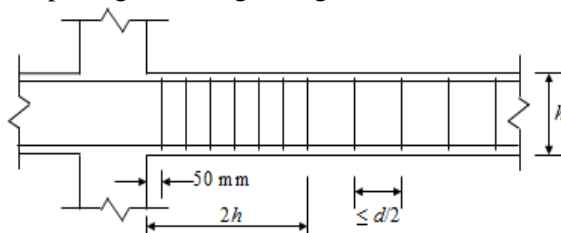
b) Penulangan Geser



Gambar 2. 7 Contoh-contoh sengkang tertutup dan batasan pada spasi horizontal maksimum

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.5.3, ketentuan untuk tulangan transversal adalah sebagai berikut :

1. Sengkang tertutup harus dipasang pada komponen struktur pada daerah-daerah di bawah ini:
 - a) Pada daerah hingga dua kali tinggi balok diukur dari muka tumpuan ke arah tengah bentang, di kedua ujung komponen struktur lentur.
 - b) Di sepanjang daerah dua kali tinggi balok pada kedua sisi dari suatu penampang dimana leleh lentur diharapkan dapat terjadi sehubungan dengan terjadinya deformasi inelastik struktur rangka.
2. Sengkang tertutup pertama harus dipasang tidak lebih dari 50 mm dari muka tumpuan. Jarak maksimum antara sengkang tertutup tidak boleh melebihi :
 - (a) $d/4$,
 - (b) 6 kali diameter terkecil batang tulangan lentur utama, tidak termasuk tulangan kulit longitudinal yang disyaratkan oleh 10.6.7; dan
 - (c) 150 mm.
3. Sengkang pada komponen struktur lentur diizinkan terbentuk dari dua potong tulangan: sebuah sengkang yang mempunyai kait gempa pada kedua ujungnya dan ditutup oleh pengikat silang. Pengikat silang berurutan yang mengikat batang tulangan memanjang yang sama harus mempunyai kait 90°-nya harus dipasang berselang-seling.

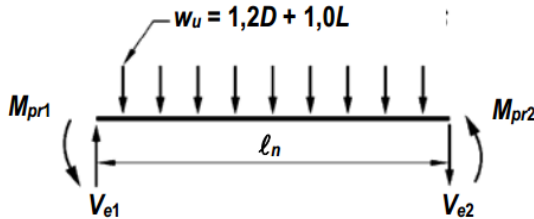


Gambar 2. 8 Persyaratan Tulangan Transversal

4. Gaya Desain

Gaya geser desain, V_e , harus ditentukan dari peninjauan gaya statis pada bagian komponen struktur antara muka-muka joint. Momen-momen dengan tanda berlawanan sehubungan dengan kuat lentur maksimum, M_{pr} , harus dianggap bekerja pada muka-muka tumpuan, dan komponen struktur tersebut dibebani dengan beban gravitasi terfaktor di sepanjang bentangnya. Langkah-langkah perencanaan tulangan geser balok :

- Ditentukan nilai f'_c , f_y , diameter sengkang, dan V_g
- Hitung momen tumpuan:



Gambar 2. 9 Gaya Geser Desain untuk Balok
(SNI 03-2847-2013 Gambar S21.5.4)

- Momen Tumpuan Kiri

$$M_{pr1} = A_s \times 1,25 \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (2.48)$$

- Momen Tumpuan Kanan

$$M_{pr2} = A_s \times 1,25 \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (2.49)$$

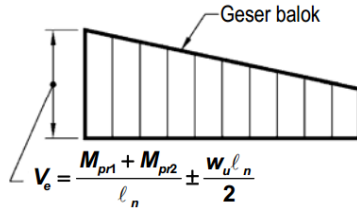
$$\text{Dimana: } a = \frac{a_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} \quad (2.50)$$

M_{pr} = Momen tumpuan

A_s = Tulangan tarik yang diperlukan

d = tinggi efektif elemen balok

- c. Hitung reaksi di ujung-ujung balok



Gambar 2. 10 Gaya Geser Desain untuk Balok
(SNI 03-2847-2013 Gambar S21.5.4)

$$V_e = V_{\text{ gempa}} + V_g \quad (2.51)$$

$$V_e = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{\ell_n} \pm \frac{W_U \cdot \ell_n}{2} \quad (2.52)$$

Dimana: ℓ_n = Panjang bentang bersih balok

W_U = Beban gravitasi (1,2D + 1,6L) yang bisa didapatkan dari program bantu SAP 2000 v.14. Nantinya, nilai dari V_e diambil yang paling besar tergantung dari penjumlahan $V_{\text{ gempa}}$ dan V_g yang terjadi.

- d. Hitung kuat geser rencana (V_s)

$$V_s = \frac{V_U}{\phi} - V_c \quad (2.53)$$

Dimana:

$$V_c = 0 \text{ (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.4.2)} \quad (2.54)$$

V_c = gaya geser beton

f_c' = kuat tekan beton yang direncanakan pada umur 28 hari (Mpa)

ϕ = Faktor reduksi pelat (untuk lentur diambil nilai = 0,8)

- e. Pasang kebutuhan tulangan geser

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} < S_{\text{max}} \quad (2.55)$$

Dimana: A_v = Luas tulangan sengkang (mm^2)

$$S_{\max} \leq \frac{1}{2} \cdot d \text{ (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.3.4)} \quad (2.56)$$

5. Tulangan Transversal

Tulangan transversal berpotensi membentuk sendi plastis (sepanjang $2h$ dari muka kolom) harus diproporsikan untuk menahan geser dengan mengasumsikan $V_c = 0$ bilamana keduanya (a) dan (b) terjadi:

(a) Gaya geser yang ditimbulkan gempa lebih besar atau sama dengan 50% dari kekuatan geser perlu maksimum dalam panjang tersebut;

(b) Gaya tekan aksial terfaktor, P_u , termasuk pengaruh gempa kurang dari $A_g \cdot f'_c / 20$

c) Tulangan Torsi (Puntir)

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.1(a), pengaruh puntir pada suatu struktur non-prategang dapat diabaikan bila nilai momen puntir terfaktor T_u besarnya kurang dari:

$$T_u = \phi \times 0,083 \times \lambda \times \left(\frac{A_{CP}^2}{P_{CP}} \right) \quad (2.57)$$

Tulangan yang dibutuhkan untuk menahan puntir berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.6 adalah:

$$\phi \cdot T_n \geq T_u \quad (2.58)$$

$$T_n \text{ harus dihitung: } T_n = \frac{2 \cdot A_o \cdot f_{yt}}{s} \cdot \cot \theta \quad (2.59)$$

Dimana:

T_u = Momen puntir terfaktor pada penampang

T_n = Kuat momen puntir normal

A_{cp} = Luas yang dibatasi oleh keliling luar penampang beton

P_{cp} = Keliling luar penampang beton

2.7.3 Panjang Penyaluran

Berdasarkan SNI 03-2847-2013, Tabel 12. Panjang penyaluran (l_d), dinyatakan dalam diameter d_b . Nilai l_d tidak boleh kurang dari 300 mm. Untuk batang ulir atau kawat ulir, nilai l_d/d_b harus diambil sebagai berikut.

Tabel 2. 8 Panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir

	Batang tulangan atayu kawat ulir D-19 dan yang lebih kecil	Batang tulangan D-22 dan yang lebih besar
Spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari d_b , selimut bersih tidak kurang dari d_b , dan sengkang atau pengikat sepanjang l_d tidak kurang dari minimum tata cara atau spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $2d_b$ dan selimut nersih tidak kurang dari d_b	$\left[\frac{f_y \Psi_t \psi_e}{2,1 \lambda \sqrt{f'_c}} \right] d_b$	$\left[\frac{f_y \Psi_t \psi_e}{1,7 \lambda \sqrt{f'_c}} \right] d_b$
Kasus-kasus lain	$\left[\frac{f_y \Psi_t \psi_e}{1,4 \lambda \sqrt{f'_c}} \right] d_b$	$\left[\frac{f_y \Psi_t \psi_e}{1,1 \lambda \sqrt{f'_c}} \right] d_b$

Dimana faktor-faktor yang digunakan dalam perumusan-perumusan untuk penyaluran batang ulir dan kawat ulir dalam kondisi tarik berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2.4.

ψ_e = Faktor yang digunakan untuk memodifikasi panjang penyaluran berdasarkan pada pelapis tulangan

ψ_t = Faktor yang digunakan untuk memodifikasi panjang penyaluran berdasarkan pada lokasi tulangan

- Panjang penyaluran (l_d) dalam mm, untuk batang ulir yang berada dalam kondisi tekan harus dihitung dengan mengalikan panjang penyaluran dasar l_{db} . Nilai l_d tidak boleh kurang dari 200 mm.
- Panjang penyaluran dasar l_{db} harus diambil sebesar yang terbesar (SNI 03-2847-2013, Pasal 12.3.2)

$$\left(\frac{0,24 \cdot f_y}{\lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) \cdot d_b \quad (2.60)$$

$$\text{Dan tidak kurang dari } 0,043 \times d_b \times f_y \quad (2.61)$$

2.8 Kolom

2.8.1 Preliminary Dimensi Kolom

$$\frac{h_{KOLOM}}{I_{KOLOM}} \geq \frac{h_{BALOK}}{I_{BALOK}} \quad (2.62)$$

Dimana:

h_{kolom} = Tinggi bersih kolom

h_{balok} = Tinggi bersih balok

I_{kolom} = Inersia kolom ($1/12 \cdot b \cdot h^2$)

I_{balok} = Inersia balok ($1/12 \cdot b \cdot h^2$)

Dengan syarat untuk perencanaan dimensi kolom mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 21.6:

- Besarnya beban aksial terfaktor yang bekerja pada komponen struktur kolom dibatasi tidak kurang dari $0,1 \cdot A_g \cdot f_c'$
- Ukuran penampang terkecil tidak kurang dari 300 mm
- Perbandingan antara ukuran terkecil penampang terhadap ukuran dalam arah tegak lurus nya tidak kurang dari 0,4.

2.8.2 Penulangan Kolom

a) Penulangan Lentur

Perancangan tulangan memanjang kolom menggunakan diagram interaksi 4 sisi.

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.6.2, kuat lentur kolom SRPMK harus memenuhi ketentuan *Strong Column Weak Beam* sebagaimana diperlihatkan pada gambar berikut:

$$\sum M_{nc} \geq 1,2 \sum M_{nb} \quad (2.63)$$

$\sum M_{nc}$ = jumlah kekuatan lentur nominal kolom yang merangka ke dalam joint, yang dievaluasi di muka-muka joint.

$\sum M_{nb}$ = jumlah kekuatan lentur nominal balok yang merangka ke dalam joint, yang dievaluasi di muka-muka joint.

- Luas tulangan memanjang, **Ast**, tidak boleh kurang dari **0,01Ag** atau lebih dari **0,06Ag**.
- Pada kolom dengan sengkang tertutup bulat, jumlah batang tulangan longitudinal minimum harus 6

b) Penulangan Geser

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.6 Tulangan transversal harus dipasang sepanjang panjang l_o dari setiap muka joint dan pada kedua sisi sebarang penampang dimana pelelehan lentur sepertinya terjadi sebagai akibat dari perpindahan lateral inelastis rangka. Panjang l_o tidak boleh kurang dari yang terbesar:

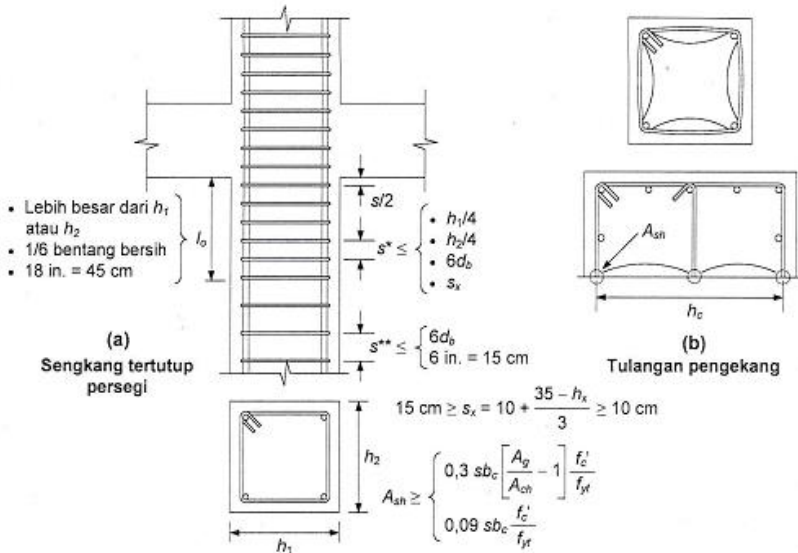
- (a) Tinggi komponen struktur pada muka joint atau pada penampang dimana pelelehan lentur sepertinya terjadi;
- (b) $1/6$ bentang bersih komponen struktur; dan
- (c) 450 mm

Spasi tulangan transversal sepanjang panjang l_o komponen struktur tidak boleh melebihi yang terkecil dari (a), (b), dan (c):

- (a) $1/4$ dimensi penampang kolom terkecil;
- (b) $6x$ db tulangan longitudinal yang terkecil; dan
- (c) so, menurut persamaan:

$$s_o = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3} \right) \quad (2.64)$$

Dimana : h_x = spasi horizontal kait silang atau kaki sengkang tertutup

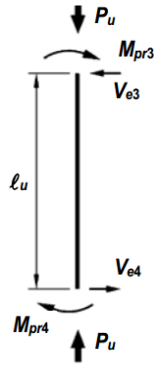


Gambar 2. 11 Persyaratan kekangan untuk sengkang tertutup persegi

(Sumber : Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang, gambar 9.22)

Langkah-langkah perencanaan tulangan geser kolom adalah sebagai berikut:

- Ditentukan nilai f_c' , f_y , dan diameter sengkang.
- Hitung momen tumpuan:



Gambar 2. 12 Gaya Geser Desain untuk Kolom
(SNI 03-2847-2013 Gambar S21.5.4)

- Momen Tumpuan Atas

$$M_{pr3} = A_s \times 1,25 \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

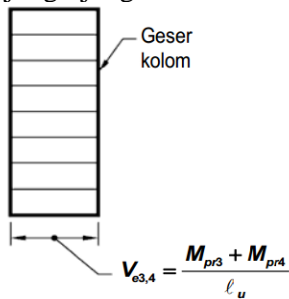
(2.65)

- Momen Tumpuan Bawah

$$M_{pr4} = A_s \times 1,25 \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (2.66)$$

$$\text{Dimana: } a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \quad (2.67)$$

- c. Hitung reaksi di ujung-ujung kolom



Gambar 2. 13 Gaya Geser Desain untuk Kolom

(SNI 03-2847-2013 Gambar S21.5.4)

$$V_e = \frac{M_{pr3} + M_{pr4}}{\ell_u} \quad (2.68)$$

Dimana: ℓ_u = Panjang bentang bersih kolom

d. Hitung kuat geser rencana

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c \quad (2.69)$$

Dimana $V_c = 0$ apabila: (1) V_e akibat gempa lebih besar $\frac{1}{2} V_u$ dan gaya aksial terfaktor pada kolom tidak melampaui

$$\frac{A_g \cdot f_c'}{10} \cdot (\text{SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.5.2}) \quad (2.70)$$

e. Pasang kebutuhan tulangan geser

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} < S_{\max} \quad (2.71)$$

Dimana: A_v = Luas tulangan sengkang (mm^2)f. Cek penampang total tulangan sengkang persegi (A_{sh})Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.4.4, nilai A_{sh} diambil dari yang terkecil yakni sebagai berikut:

$$A_{sh} = 0,3 \frac{s \cdot b_c \cdot f_c'}{f_{yt}} \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right] \quad (2.72)$$

$$A_{sh} = 0,09 \cdot \frac{s \cdot b_c \cdot f_c'}{f_{yt}} \quad (2.73)$$

Dimana:

s = Jarak antar tulangan geser

 b_c = Lebar penampang inti beton yang terkekang A_g = Luas bersih kolom A_{ch} = Luas penampang inti beton, dihitung dari serat terluar sengkang ke serat terluar sengkang di sisi lainnya.

2.8.3 Panjang Lewatan dan Panjang penyaluran

Berdasarkan SNI 03-2847-2013, Tabel 12. Panjang penyaluran (l_d), dinyatakan dalam diameter d_b . Nilai l_d tidak boleh kurang dari 300 mm. Untuk batang ulir atau kawat ulir, nilai l_d/d_b harus diambil sebagai berikut.

Tabel 2. 9 Panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir

	Batang tulangan atayu kawat ulir D-19 dan yang lebih kecil	Batang tulangan D-22 dan yang lebih besar
Spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari d_b , selimut bersih tidak kurang dari d_b , dan sengkang atau pengikat sepanjang l_d tidak kurang dari minimum tata cara atau spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $2d_b$ dan selimut nersih tidak kurang dari d_b	$\left[\frac{f_y \Psi_t \psi_e}{2,1 \lambda \sqrt{f'_c}} \right] d_b$	$\left[\frac{f_y \Psi_t \psi_e}{1,7 \lambda \sqrt{f'_c}} \right] d_b$
Kasus-kasus lain	$\left[\frac{f_y \Psi_t \psi_e}{1,4 \lambda \sqrt{f'_c}} \right] d_b$	$\left[\frac{f_y \Psi_t \psi_e}{1,1 \lambda \sqrt{f'_c}} \right] d_b$

Dimana faktor-faktor yang digunakan dalam perumusan-perumusan untuk penyaluran batang ulir dan kawat ulir dalam kondisi tarik berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2.4.

ψ_e = Faktor yang digunakan untuk memodifikasi panjang penyaluran berdasarkan pada pelapis tulangan

Ψ_t = Faktor yang digunakan untuk memodifikasi panjang penyaluran berdasarkan pada lokasi tulangan

2.9 Hubungan Balok-Kolom (Join)

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.7.2 , perencanaan HBK harus memenuhi:

- Gaya-gaya pada tulangan balok longitudinal di muka joint harus ditentukan dengan mengasumsikan bahwa tegangan pada tulangan tarik lentur adalah $1,25f_y$.
- Bila tulangan balok longitudinal menerus melalui joint balok-kolom, dimensi kolom yang sejajar terhadap tulangan balok tidak boleh kurang dari 20 kali db tulangan balok longitudinal terbesar untuk beton normal.

2.9.1 Penulangan Transversal pada HBK

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.7.4.1, persamaan kuat geser HBK dapat dihitung sebagai berikut:

$$V_{jn} = c \cdot \sqrt{f'_c} \cdot A_j \quad (2.76)$$

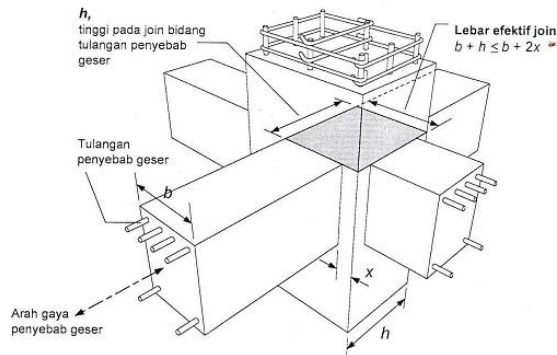
Dimana nilai c dibatasi sama dengan:

- 1,7 untuk HBK yang terkekang pada keempat sisinya
- 1,25 untuk HBK yang terkekang pada ketiga sisinya atau dua sisi yang berlawanan; dan
- 1,0 untuk kasus-kasus lainnya

V_{jn} = Kuat geser HBK

A_j = Luas efektif join

Luas efektif join (A_j) adalah hasil perkalian antara lebar efektif join dan tinggi h.



Gambar 2. 14 Luas efektif hubungan balok-kolom
(Sumber : *Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang*, gambar 9.32)

2.10 Sistem Dinding Struktural (SDS)

Sistem dinding struktural (SDS) adalah dinding yang diproporsikan untuk menahan kombinasi gaya geser, momen dan gaya aksial yang ditimbulkan gempa. Suatu dinding geser pada dasarnya merupakan dinding struktural. Dinding yang ditetapkan sebagai bagian penahan gaya gempa bisa dikategorikan sebagai berikut:

1. Dinding Struktural Beton Biasa (SDSB): Sistem dinding ini memiliki tingkat daktilitas terbatas dan hanya boleh digunakan untuk bangunan yang dikenakan maksimal KDS C.
2. Dinding Struktural Beton Khusus (SDSK): Sistem dinding ini memiliki tingkat daktilitas penuh dan digunakan untuk bangunan yang dikenakan KDS D, E, atau F.

Berdasarkan SNI 2847-2013, Dinding struktural khusus (Special structural wall) yang merupakan dinding cor di tempat atau pracetak harus memenuhi persyaratan 21.1.3 sampai 21.1.7, 21.9, dan 21.10, sebagai tambahan pada persyaratan untuk dinding struktur beton bertulang biasa.

2.10.1 Preliminary Dimensi Shearwall

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 14.5.3.1 dan 14.5.3.2, persyaratan tebal minimum shearwall yang didesain antara lain:

1. Tebal dinding penumpu tidak boleh kurang dari 1/25 tinggi atau panjang bentang tertumpu yang mana yang lebih pendek atau kurang dari 100 mm.
2. Tebal dinding besmen (*basement*) eksterior dan dinding fondasi tidak boleh kurang dari 190 mm.

2.10.2 Penulangan Shearwall

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.9.2 dan 21.9.3 syarat untuk penulangan *shearwall* adalah sebagai berikut :

1. ρ_v dan ρ_h , $> 0,0025$, kecuali bahwa jika V_u tidak melebihi $0,083\lambda \cdot A_{cv} \sqrt{f'_c}$, ρ_v dan ρ_h , diizinkan untuk direduksi menjadi nilai-nilai yang disyaratkan dalam 14.3
2. Spasi tulangan < 450 mm.
3. Tulangan yang menyumbang pada V_n harus menerus dan harus didistribusikan melintasi bidang geser.
4. V_u harus diperoleh dari analisis beban lateral sesuai dengan kombinasi beban terfaktor

a) Kekuatan Geser

V_n dinding struktur tidak boleh melebihi dari :

$$V_n = A_{cv} \left(\alpha_c \cdot \lambda \sqrt{f'_c} + \rho_t f_y \right) \quad (2.78)$$

Dimana :

$$\alpha_c = \begin{cases} 0,25 & \text{untuk } h_w/l_w \leq 1,5 \\ 0,17 & \text{untuk } h_w/l_w \geq 2 \end{cases}$$

$$A_{cv} = \text{Luas penampang total dinding struktural}$$

$$\lambda = 1 \text{ untuk beton normal}$$

$$\rho_t = \text{Rasio penulangan arah horisontal}$$

nilai rasio h_w/l_w yang digunakan untuk menentukan V_n untuk segmen-segmen dinding yang lebih besar dari rasio-rasio untuk dinding keseluruhan dan segmen dinding yang ditinjau.

Jika h_w/l_w tidak melebihi 2,0 , rasio tulangan $\rho_t \geq \rho_t$.

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.9.4.4 dan 21.9.4.5 :

1. Untuk semua segmen dinding vertikal yang menahan gaya lateral yang sama, kombinasi V_n tidak boleh diambil lebih besar dari $0,66A_{cv}\sqrt{f'c}$, (2.79)
dimana A_{cv} adalah luas kombinasi bruto dari semua segmen dinding vertikal.
2. Untuk salah satu dari segmen dinding vertikal individu, V_n tidak boleh diambil lebih besar dari $0,83A_{cw}\sqrt{f'c}$, (2.80)
dimana A_{cw} adalah luas penampang beton dari segmen dinding vertikal individu yang ditinjau.
3. Untuk segmen dinding horizontal, termasuk balok kopel, V_n tidak boleh diambil lebih besar dari $0,83A_{cw}\sqrt{f'c}$, (2.81)
dimana A_{cw} adalah luas penampang beton suatu segmen dinding horizontal atau balok kopel.

b) Pembatas Dinding Struktur Khusus

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.9.6, Kebutuhan komponen batas di tepi-tepi dinding struktural harus dievaluasi berdasarkan persyaratan (a) dan (b) di bawa ini :

- a. Kombinasi momen dan gaya aksial terfaktor yang bekerja pada dinding geser melebihi $\frac{Pu}{Ag} + \frac{M_u y}{I} > 0,2.f'c$ (2.82)

Dimana:

P_u = Gaya aksial tekan terfaktor

A_g = Luas bruto penampang

I = Inersia penampang beton

- b. Jarak c dari serat terluar zona kompresi lebih besar dari :

$$c > \frac{I_w}{600 \left(\frac{\delta_u}{h_w} \right)} \quad (2.83)$$

Dimana:

- δ_u = Perpindahan maksimum dinding geser pada puncak gedung dalam arah pembebanan gempa yang ditinjau.
 c = Panjang garis netral untuk gaya aksial tekan terfaktor (P_u) dan kapasitas momen nominal penampang (M_u).

Besaran $\frac{\delta_u}{h_w}$ dalam persamaan di atas tidak boleh kurang dari 0,007.

BAB III METODOLOGI

3.1 Pengumpulan, Pencarian Data dan Studi Literatur

3.1.1 Pengumpulan Data

Data-data perencanaan secara keseluruhan untuk perancangan gedung Perkuliahan Fakultas Pertanian di Surabaya, meliputi :

1. Data Tanah : Terlampir
2. Data Gambar
 - a. Gambar struktur : Terlampir
 - b. Gambar arsitektur : Terlampir

3.1.2 Studi Literatur

Mempelajari literatur yang berkaitan dengan perancangan dan peraturan-peraturan yang dipakai pada perencanaan struktur gedung, antara lain :

1. Badan Standarisasi Nasional. 2013. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847 : 2013).
2. Badan Standarisasi Nasional. 2012. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726 : 2012).
3. Badan Standarisasi Nasional. 2013. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727 : 2013).
4. Iswandi Imran dan Fajar Hendrik. 2014. Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang. Bandung : ITB.
5. Rachmat Purwono. 2010. Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa. Surabaya. ITS Press.
6. Bambang Budiono dan Lucky Supriatna. 2011. Studi Komparasi Desain Bangunan Tahan Gempa Dengan Menggunakan SNI 03-1726-2012 dan RSNI 03-1726-201x. Bandung : ITB.

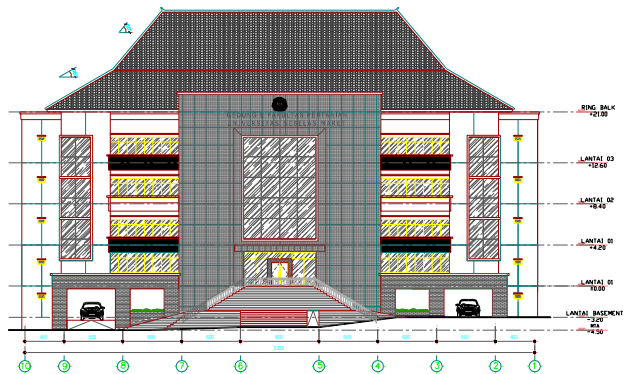
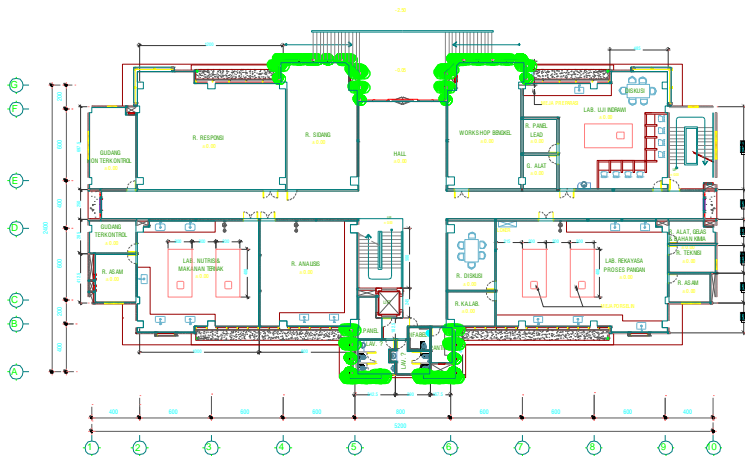
3.2 Modifikasi Dan Penentuan Kriteria Desain

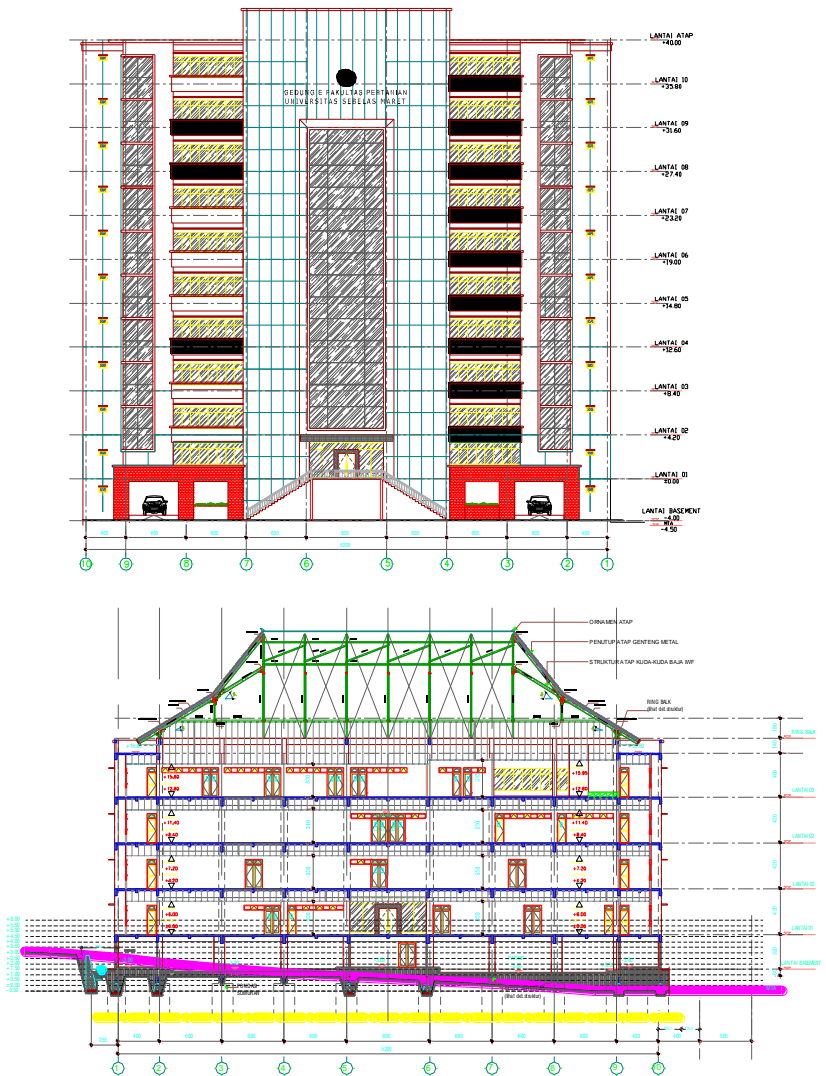
3.2.1 Modifikasi Struktur

Gedung Perkuliahan Fakultas Pertanian di Surabaya akan dimodifikasi menggunakan Sistem Ganda yaitu SRPMK dan *Shearwall*.

Tabel 3. 1 Perbandingan Kondisi Bangunan Eksisting dan Modifikasi

Parameter	Kondisi Eksisting Bangunan	Kondisi Setelah Modifikasi untuk TAT
Sistem struktur	Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM)	<i>Dual System</i> (Sistem Ganda)
Jumlah Lantai	5	11
Jenis Atap	Rangka Baja	Pelat Beton
Material Struktur Utama	Beton Bertulang	Beton Bertulang
Tinggi Bangunan	16.6 m	46 m
Total Luas Area	$\pm 6240 \text{ m}^2$	$\pm 13728 \text{ m}^2$
Lokasi	Surakarta	Surabaya





Gambar 3. 2 Denah, Tampak, dan Potongan Modifikasi

3.2.2 Penentuan Kriteria Desain

Modifikasi gedung Perkuliahan Fakultas Pertanian di Surabaya ini, berdasarkan SNI 1726-2012 tentang “Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung”, dan diasumsikan akan dibangun dengan data tanah daerah Mulyorejo Utara, Surabaya. Sehingga diperoleh data sebagai berikut:

Tipe Bangunan : Gedung Sekolah (Kategori risiko IV)

Klasifikasi Situs Tanah : SE (Tanah Lunak)

Kategori Desain Seismik : D

Untuk itu sistem struktur harus didesain menggunakan penahan beban lateral yang memenuhi persyaratan detailing khusus atau memiliki tingkat daktilitas penuh. Sehingga gedung Perkuliahan di Surabaya ini didesain menggunakan Sistem Ganda yaitu SRPMK dan *Shearwall*.

3.3 Preliminary Desain

Literatur yang digunakan dalam perhitungan preliminary adalah SNI 2847-2013 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.

Pada tahap ini dilakukan perencanaan untuk dimensi struktur:

Struktur primer : Balok (menentukan dimensi $b \times h$), kolom (menentukan dimensi $b \times h$), dinding geser (menentukan tebal *shearwall*, t)

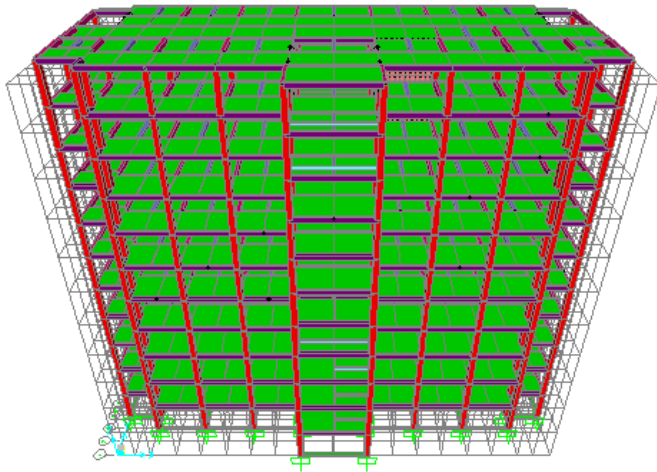
Struktur sekunder : Pelat (menentukan tebal pelat, t) dan tangga (menentukan tebal pelat, t)

3.4 Permodelan Struktur

Dengan program bantu SAP 2000 v.14 struktur dimodelkan menggunakan *Dual System* yang dilengkapi dengan *shearwall* pada lokasi-lokasi tertentu.

Hal yang perlu diperhatikan dalam permodelan struktur:

- Bentuk gedung
- Dimensi elemen-elemen struktur dari preliminary desain



Gambar 3. 3 Permodelan Struktur Gedung Menggunakan SAP 2000

3.5 Pembebanan dan Analisa Struktur

3.5.1 Pembebanan Struktur

Setelah struktur gedung Perkuliahan di Surabaya dimodelkan menggunakan SAP 2000 v.14 , kemudian dilakukan pembebanan pada strukturnya yang berupa :

- a. Beban mati dan beban angin (sesuai SNI 1727-2013 dan persyaratan berlaku)
- b. Beban hidup (sesuai SNI 1727-2013) , dan
- c. Beban gempa (sesuai dengan SNI 1726-2012).

Beban gempa dihitung menggunakan Respons Spektrum.

3.5.2 Analisa Struktur

Analisa dari output SAP diperoleh nilai gaya dalam berupa momen (M), nilai gaya geser (D), dan nilai gaya aksial (N). Nilai-nilai tersebut yang nantinya akan digunakan dalam perhitungan penulangan untuk struktur primer dan sekunder.

3.6 Perhitungan Penulangan

Penulangan dihitung berdasarkan SNI 2847-2013 dengan memperhatikan standard penulangan untuk SRPMK serta menggunakan data-data berupa nilai gaya dalam yang diperoleh dari output program SAP 2000 v.14. Perhitungan penulangan yang dilakukan pada:

- Struktur utama: balok, kolom, hubungan balok kolom, dan dinding geser.
- Struktur sekunder: pelat dan tangga

Kemudian dilakukan kontrol kemampuan dan cek syarat penulangan.

3.8 Gambar Rencana

Gambar perencanaan meliputi:

1. Gambar Arsitektur:
 - Gambar denah
 - Gambar tampak
 - Gambar potongan
2. Gambar Struktur:
 - Gambar sloof
 - Gambar balok
 - Gambar kolom
 - Gambar pelat
 - Gambar tangga
3. Gambar Penulangan
 - Gambar penulangan sloof
 - Gambar penulangan balok
 - Gambar penulangan kolom
 - Gambar penulangan pelat
 - Gambar penulangan tangga
4. Gambar Detail
 - Gambar detail panjang penyaluran
 - Gambar detail sambungan

3.9 Metode Pelaksanaan

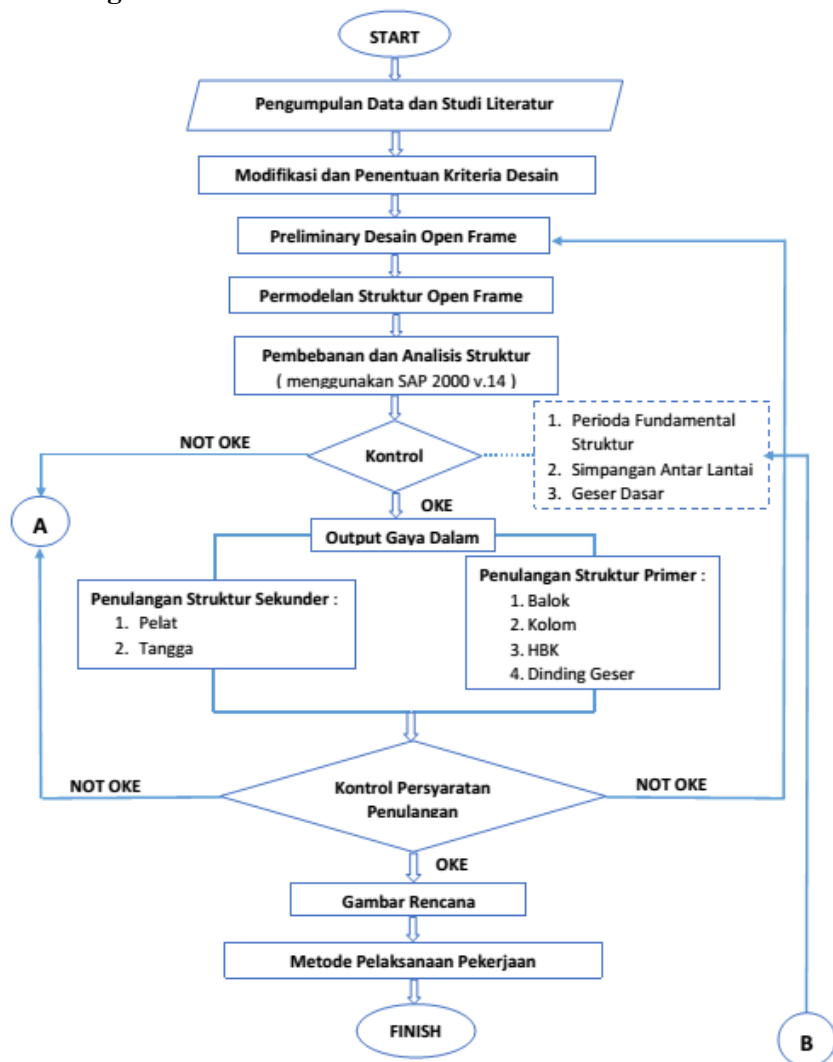
Metode pelaksanaan yang akan dibahas dalam tugas akhir terapan ini adalah pada pekerjaan struktur kolom dan *shearwall* yang meliputi:

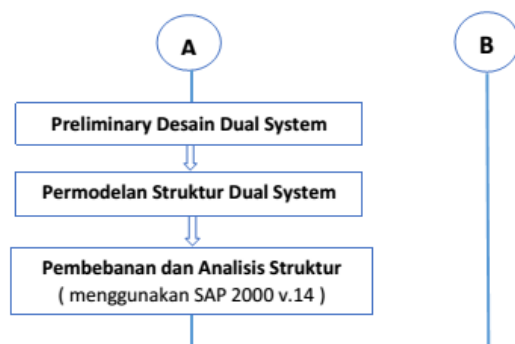
1. Fabrikasi Tulangan
2. Pemasangan bekisting dan pemasangan tulangan
3. Pengecoran
4. Pembongkaran bekisting
5. Curing

Alat-alat yang digunakan untuk pelaksanaan pekerjaan struktur kolom dan *shearwall* antara lain:

1. Concrete pump
2. Tower Crane (untuk pengangkatan bekisting, tulangan dan pengecoran lantai atas)
3. Concrete Bucket (kapasitas 0,8 m³)
4. Truk Mixer dan Vibrator

3.10 Diagram Alir





Gambar 3. 4 Diagram Alir

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

PRELIMINARY DESIGN

4.1 Data Desain Preliminary

Dalam perencanaan struktur bangunan gedung, langkah awal yang dilakukan adalah menentukan dimensi-dimensi komponen strukturnya. Material yang digunakan untuk struktur gedung ini adalah beton bertulang dengan data-data sebagai berikut:

Tipe Bangunan : Gedung Perkuliahan

Letak Bangunan : Jauh dari Pantai

Lebar Bangunan : 24 m

Panjang Bangunan : 52 m

Tinggi Bangunan : 46 m

Mutu Beton (f_c') : 35 Mpa

Mutu Baja (f_y) : 400 MPa

4.2 Perencanaan Dimensi Balok

A. Balok Induk Memanjang dan Melintang

a. Data-data Perencanaan :

- Tipe balok : B1
- As balok : D (5-6)
- Bentang balok (L_{balok}) : 800 cm

b. Perhitungan Perencanaan :

$$h \geq \frac{1}{12} \times L \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right) \qquad b = \frac{1}{3} \times h$$

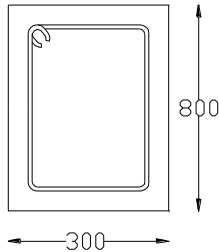
$$h \geq \frac{1}{12} \times 800 \left(0,4 + \frac{400}{700} \right) \qquad b = \frac{1}{3} \times 80$$

$$h \geq 64,76 \text{ cm} \qquad b = 26,67 \text{ cm}$$

$$h \approx 80 \text{ cm} \qquad b \approx 30 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi balok induk dengan ukuran 30/80

c. Gambar Hasil Perencanaan Dimensi



Gambar 4. 1 Rencana dimensi balok induk 30/80

B. Balok Induk 35/50

a. Data-data Perencanaan :

- Tipe balok : B2
- As balok : D (5-6)
- Bentang balok (L_{balok}) : 560 cm

b. Perhitungan Perencanaan :

$$h \geq \frac{1}{12} \times L \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right) \quad b = \frac{2}{3} \times h$$

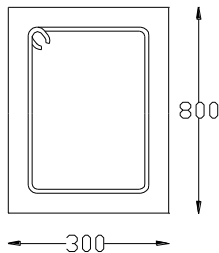
$$h \geq \frac{1}{12} \times 560 \left(0,4 + \frac{400}{700} \right) \quad b = \frac{2}{3} \times 50$$

$$h \geq 45,33 \text{ cm} \quad b = 33,33 \text{ cm}$$

$$h \approx 50 \text{ cm} \quad b \approx 35 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi balok induk dengan ukuran 35/50

c. Gambar Hasil Perencanaan Dimensi



Gambar 4. 2 Rencana dimensi balok induk 35/50

C. Balok Anak

a. Data-data Perencanaan :

- Tipe balok : BA
- As balok : 5' (E-G)
- Bentang balok (L_{balok}) : 800 cm

b. Perhitungan Perencanaan :

$$h \geq \frac{1}{21} \times L \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right) \quad b = \frac{2}{3} \times h$$

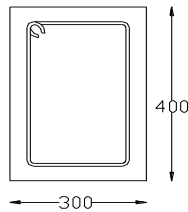
$$h \geq \frac{1}{21} \times 800 \left(0,4 + \frac{400}{700} \right) \quad b = \frac{2}{3} \times 40$$

$$h \geq 37,01 \text{ cm} \quad b = 26,67 \text{ cm}$$

$$h \approx 40 \text{ cm} \quad b \approx 30 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi balok anak dengan ukuran 30/40

c. Gambar Hasil Perencanaan Dimensi



Gambar 4. 3 Rencana dimensi balok anak 30/40

D. Balok Kantilever

a. Data-data Perencanaan :

- Tipe balok : BK
- As balok : 4 (G-G')
- Bentang balok (L_{balok}) : 200 cm

b. Perhitungan Perencanaan :

$$h \geq \frac{1}{8} \times L \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right) \quad b = \frac{2}{3} \times h$$

$$h \geq \frac{1}{8} \times 200 \left(0,4 + \frac{400}{700} \right) \quad b = \frac{2}{3} \times 40$$

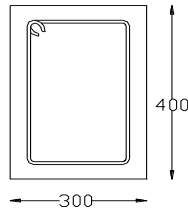
$$h \geq 24,29 \text{ cm}$$

$$b \approx 30 \text{ cm}$$

$$h \approx 40 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi balok anak dengan ukuran 30/40

c. Gambar Hasil Perencanaan Dimensi



Gambar 4. 4 Rencana dimensi balok kantilever

E. Balok Lift

a. Data-data Perencanaan :

- Tipe balok : BL
- As balok : 4 (G-G')
- Bentang balok (L_{balok}) : 240 cm

b. Perhitungan Perencanaan :

$$h \geq \frac{1}{8} \times L \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right) \quad b = \frac{2}{3} \times h$$

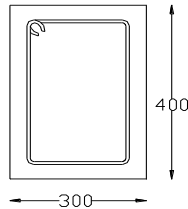
$$h \geq \frac{1}{8} \times 240 \left(0,4 + \frac{400}{700} \right) \quad b = \frac{2}{3} \times 40$$

$$h \geq 29,14 \text{ cm} \quad b \approx 30 \text{ cm}$$

$$h \approx 40 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi balok lift dengan ukuran 30/40

c. Gambar Hasil Perencanaan Dimensi



Gambar 4. 5 Rencana dimensi balok lift

4.3 Perencanaan Dimensi Pelat

a. Data-data Perencanaan :

- Tipe pelat : S
- Rencana tebal pelat : 12 cm
- Bentang pelat sumbu panjang (L_y) : 400 cm
- Bentang pelat sumbu pendek (L_x) : 300 cm
- Dimensi balok as 2 (B-C') : 30/80
- Dimensi balok as B (2-2') : 30/80
- Dimensi balok as 2' (B-C') : 30/40
- Dimensi balok as C' (2-2') : 30/40

b. Perhitungan Perencanaan :

- Bentang bersih pelat sumbu panjang (l_n)
 - l_y : 400 cm
 - b balok as C' (2-2') : 40 cm
 - b balok as C'' (2-2') : 30 cm

$$l_n = l_y - \left(\frac{b_{balok\ as\ B(2-2')}}{2} \right) + \left(\frac{b_{balok\ as\ C(2-2')}}{2} \right)$$

$$l_n = 400 - \left(\frac{30}{2} + \frac{30}{2} \right)$$

$$l_n = 370$$

- Bentang bersih pelat sumbu pendek (l_n)
 - l_x : 300 cm

b balok as 2 (C'-C'') : 30 cm

b balok as 2' (C'-C'') : 30 cm

$$S_n = I_y - \left(\frac{b \cdot \text{balok}_{asB(2-2)}}{2} \right) + \left(\frac{b \cdot \text{balok}_{asC(2-2)}}{2} \right)$$

$$S_n = 300 - \left(\frac{30}{2} + \frac{30}{2} \right)$$

$$S_n = 270$$

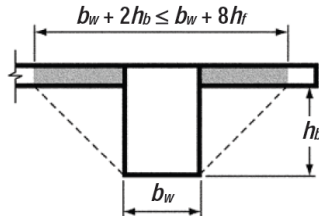
- Rasio bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah memendek

$$\beta = \frac{l_n}{S_n}$$

$$\beta = \frac{370}{270}$$

$$\beta = 1,37 < 2 \text{ Two way slab (pelat dua arah)}$$

- Tinjau Balok Induk as



b_w : 30 cm

h : 80 cm

Asumsi pelat (t) : 12 cm

$$\text{➤ } b_{e1} = b_w + 2h_w \leq b_w + 8h_f$$

$$b_{e1} = b_w + 2(h - t)$$

$$b_{e1} = 30 + 2(80 - 12)$$

$$b_{e1} = 166$$

$$\text{➤ } b_{e2} = b_w + (8 \times t)$$

$$b_{e2} = 30 + (8 \times 12)$$

$$b_{e2} = 126$$

(SNI 03-2847-2013 pasal 13.2.4)

Maka digunakan nilai b_e yang terkecil yaitu 126 cm

- Faktor modifikasi

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left[4 - 6\left(\frac{t}{h}\right) + 4\left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{126}{30} - 1\right) \times \left[4 - 6\left(\frac{12}{80}\right) + 4\left(\frac{12}{80}\right)^2 + \left(\frac{126}{30} - 1\right) \times \left(\frac{12}{80}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{126}{30} - 1\right) \times \left(\frac{12}{80}\right)}$$

$$k = 1,714$$

- Momen Inersia penampang T (I_b)

$$I_b = k \times b_w \times h^3 / 12$$

$$I_b = 1,714 \times 30 \times (80)^3 / 12$$

$$I_b = 2193629,4 \text{ cm}^4$$

- Momen Inersia lajur pelat (I_p)

$$I_p = b_s \times \frac{t^3}{12}$$

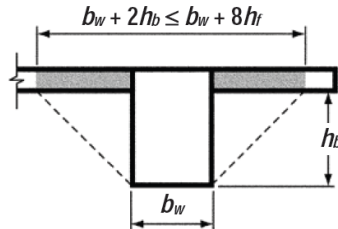
$$I_p = 300 \times \frac{(12)^3}{12} = 43200 \text{ cm}^4$$

- Rasio kekakuan balok terhadap pelat

$$\alpha_1 = \frac{I_b}{I_p}$$

$$\alpha_1 = \frac{2193629,4 \text{ cm}^4}{43200 \text{ cm}^4} = 50,78$$

- Tinjau Balok Anak as



b_w : 30 cm
 h : 40 cm
 Asumsi pelat (t) : 12 cm

$$\begin{aligned}
 \text{➤ } b_{e1} &= b_w + 2h_w \leq b_w + 8h_f \\
 b_{e1} &= b_w + 2(h-t) \\
 b_{e1} &= 30 + 2(40-12) \\
 b_{e1} &= 110
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{➤ } b_{e2} &= b_w + (8 \times t) \\
 b_{e2} &= 30 + (8 \times 12) \\
 b_{e2} &= 126
 \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2013 pasal 13.2.4)

Maka digunakan nilai b_e yang terkecil yaitu 110 cm

- Faktor modifikasi

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left[4 - 6\left(\frac{t}{h}\right) + 4\left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{110}{30} - 1\right) \times \left[4 - 6\left(\frac{12}{40}\right) + 4\left(\frac{12}{40}\right)^2 + \left(\frac{110}{30} - 1\right) \times \left(\frac{12}{40}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{110}{30} - 1\right) \times \left(\frac{12}{40}\right)}$$

$$k = 1,725$$

- Momen Inersia penampang T (I_b)

$$I_b = k \times b_w \times h^3 / 12$$

$$I_b = 1,726 \times 30 \times (40)^3 / 12$$

$$I_b = 276053,33 \text{ cm}^4$$

- Momen Inersia lajur pelat (I_p)

$$I_p = b_s \times \frac{t^3}{12}$$

$$I_p = 300 \times \frac{(12)^3}{12} = 43200 \text{ cm}^4$$

- Rasio kekakuan balok terhadap pelat

$$\alpha_1 = \frac{I_b}{I_p}$$

$$\alpha_1 = \frac{276053,33 \text{ cm}^4}{43200 \text{ cm}^4} = 6,39$$

Dari perhitungan di atas didapatkan,

$$\alpha = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4}$$

$$\alpha = \frac{50,78 + 50,78 + 6,39 + 6,39}{4}$$

$$\alpha = 28,58$$

Berdasarkan *SNI 2847-2013 Pasal 9.5.3.3(c)* Untuk α_m lebih besar dari 2,0 , ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari persamaan berikut:

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 9\beta}$$

$$h = \frac{370\left(0,8 + \frac{400}{1400}\right)}{36 + 9(1,37)}$$

$$h = 8,31 \text{ cm} < 9 \text{ cm}$$

Maka tebal pelat lantai serta pelat atap yang digunakan adalah 12 cm.

Dengan cara perhitungan yang sama diperoleh tebal pelat lantai dasar (lantai parkir) adalah 15 cm.

4.4 Perencanaan Dimensi Kolom

a. Data-data Perencanaan :

- Tipe Kolom : K
- Tinggi kolom (h_{kolom}) : 420 cm
- Bentang balok (L_{balok}) : 600 cm
- Lebar balok (b_{balok}) : 30 cm
- Tinggi balok (h_{balok}) : 80 cm

b. Perhitungan Perencanaan :

$$\frac{\frac{1}{12} \times b_k \times h_k^3}{h_{\text{kolom}}} \geq \frac{\frac{1}{12} \times b_b \times h_b^3}{L_{\text{balok}}}$$

Dimana $h_k = b_k$

$$\frac{\frac{1}{12} \times h_k^4}{h_{\text{kolom}}} \geq \frac{\frac{1}{12} \times b_b \times h_b^3}{L_{\text{balok}}}$$

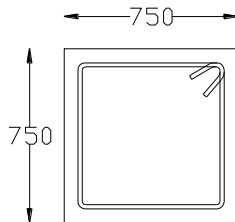
$$\frac{\frac{1}{12} \times h_k^4}{420} \geq \frac{\frac{1}{12} \times 30 \times 80^3}{600}$$

$$h \geq 57,26 \text{ cm}$$

$$h \approx 75 \text{ cm} \longrightarrow h = b = 75 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi kolom dengan ukuran 75/75

c. Gambar Hasil Perencanaan Dimensi



Gambar 4. 6 Rencana dimensi kolom 75/75

4.5 Perencanaan Dimensi Sloof

a. Data-data Perencanaan :

- Tipe Sloof : BS
- Tinggi kolom (h_{kolom}) : 420 cm
- Bentang sloof (L_{sloof}) : 600 cm
- Lebar kolom (b_{kolom}) : 60 cm

b. Perhitungan Perencanaan :

$$\frac{\frac{1}{12} \times b_k \times h_k^3}{h_{kolom}} \geq \frac{\frac{1}{12} \times b_b \times h_b^3}{L_{balok}}$$

Dimana $h_s = b_s$

$$\frac{\frac{1}{12} \times h_k^4}{h_{kolom}} \geq \frac{\frac{1}{12} \times h_s^4}{L_{sloof}}$$

$$\frac{\frac{1}{12} \times 75^4}{420} \geq \frac{\frac{1}{12} \times h_s^4}{600}$$

$$h_s \leq 81,99 \text{ cm}$$

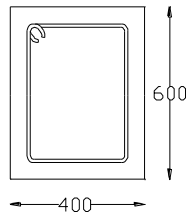
$$h_s \approx 60 \text{ cm}$$

$$b_s = \frac{2}{3} \times h_s$$

$$b_s = \frac{2}{3} \times 60 \rightarrow b_s \approx 40 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi sloof dengan ukuran 40/60

c. Gambar Hasil Perencanaan Dimensi



Gambar 4. 7 Rencana dimensi sloof 40/60

4.6 Perencanaan Dimensi Tangga

a. Data-data Perencanaan :

- Tebal Pelat : 15 cm
- Diameter tulangan lentur : 14 mm
- Tebal Selimut Beton : 30 mm
- Lebar Injakan (i) : 30 cm

- Tinggi Injakan (t) : 18,18 cm
- Tinggi tangga : 400 cm
- Tinggi bordes : 200 cm
- Panjang datar tangga : 300 cm

b. Perhitungan Perencanaan :

- Panjang miring tangga

$$L = \sqrt{TinggiBordes^2 + PanjangTangga^2}$$

$$L = \sqrt{200^2 + 300^2}$$

$$L = 360,58cm = 3,61m$$

- Jumlah tanjakan

$$nt = \frac{TinggiBordes}{TinggiTanjakan}$$

$$nt = \frac{200}{18,18} = 11 \text{ buah}$$

- Jumlah injakan

$$ni = nt - 1$$

$$= 11 - 1$$

$$= 10 \text{ buah}$$

- Sudut kemiringan

$$\alpha = \arctan \frac{t}{i}$$

$$\alpha = \arctan \frac{18,18}{30}$$

$$\alpha = 31,216^\circ$$

Syarat sudut kemiringan

$$25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$$

$$25^\circ \leq 31,216^\circ \leq 40^\circ \quad (\text{memenuhi})$$

- Tebal efektif pelat tangga

Dengan perbandingan luas pada segitiga:

$$L\Delta_1 = L\Delta_2$$

$$\frac{1}{2} \times i \times t = \frac{1}{2} \times \left(\sqrt{i^2 + t^2} \right) \times d$$

$$\frac{1}{2} \times 30 \times 18,18 = \frac{1}{2} \times \left(\sqrt{30^2 + 18,18^2} \right) \times d$$

$$272,70 = 17,54 \times d$$

$$d = 15,55 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{2} \times d = 7,78 \text{ cm}$$

- Tebal efektif pelat tangga = $150 \text{ mm} + 77,8 \text{ mm}$
 $= 227,8 \text{ mm} \sim 230 \text{ mm}$
 $= 23 \text{ cm}$

4.7 Perencanaan Dimensi Dinding Geser

Tebal dinding penumpu tidak boleh kurang dari $1/25$ tinggi atau panjang bentang tertumpu, yang mana yang lebih pendek, atau kurang dari 100 mm. *SNI 2847-2013 pasal 14.5.3.1*

a. Data-data Perencanaan :

- Tebal dinding geser : 30 cm
- Panjang bentang : 8 m
- Tinggi perlintai : 4 m dan 4,2 m

b. Perhitungan Perencanaan :

$$30 > \frac{H}{25} = \frac{400}{25} = 16cm$$

$$30 > \frac{H}{25} = \frac{420}{25} = 16,8 \text{ cm}$$

$$30 > \frac{H}{25} = \frac{800}{25} = 32cm$$

Jadi dinding geser dengan tebal 30 cm memenuhi syarat untuk digunakan sebagai dinding struktural.

BAB V

PEMBEBANAN DAN ANALISA PERMODELAN

5.1 Pembebanan

Sebelum melakukan analisis struktur dengan program SAP 2000, perlu dilakukan perhitungan beban-beban yang hasilnya akan digunakan sebagai data input ke program tersebut. Beban-beban yang diinput tersebut meliputi beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban gempa. Berat sendiri dari elemen struktur dihitung secara otomatis oleh program SAP 2000.

5.1.1 Pembebanan Pelat

- **Pembebanan Pelat Lantai**
Beban mati (sesuai ASCE7-2002 Table C3-1):

Pelat Lantai tebal (12cm)	= 2,83	kN/m ²
Ducting Mekanikal	= 0,19	kN/m ²
Berat keramik dan spesi	= 1,1	kN/m ²
Berat plafond	= 0,05	kN/m ²
Berat penggantung	= 0,1	kN/m ² +
Total beban mati pelat	= 4,27	kN/m ²

- **Pembebanan Pelat Atap**
Beban mati (sesuai ASCE7-2002 Table C3-1):

Pelat Lantai tebal (12cm)	= 2,83	kN/m ²
Ducting Mekanikal	= 0,19	kN/m ²
Berat plafond	= 0,05	kN/m ²
Berat penggantung	= 0,1	kN/m ²
Lapisan Waterproofing	= 0,05	kN/m ² +
Total beban mati pelat	= 3,22	kN/m ²

- **Beban Hidup pelat lantai sesuai SNI 1727-2013 :**
Beban hidup lantai basement :

Lantai parkir	= 1,92	kN/m ²
---------------	--------	-------------------

Beban hidup lantai 1-3 :

Laboratorium $= 2,87 \text{ kN/m}^2$

Koridor lantai 1-3 $= 4,79 \text{ kN/m}^2$

Gudang $= 4,79 \text{ kN/m}^2$

Beban hidup lantai 4-5 :

Laboratorium $= 2,87 \text{ kN/m}^2$

Ruang kantor $= 2,40 \text{ kN/m}^2$

Koridor lantai 4-5 $= 3,83 \text{ kN/m}^2$

Gudang $= 4,79 \text{ kN/m}^2$

Beban hidup lantai 6-7 :

Ruang kantor $= 2,40 \text{ kN/m}^2$

Ruang baca $= 2,87 \text{ kN/m}^2$

Koridor lantai 6-7 $= 3,83 \text{ kN/m}^2$

Gudang $= 4,79 \text{ kN/m}^2$

Beban hidup lantai 8-10 :

Ruang kelas $= 1,92 \text{ kN/m}^2$

Koridor lantai 8-10 $= 3,83 \text{ kN/m}^2$

Gudang $= 4,79 \text{ kN/m}^2$

Beban hidup lantai atap :

Pelat atap $= 0,96 \text{ kN/m}^2$

Beban hujan pada lantai atap

$R = 0,0098 (d_s + d_h)$

$R = 0,0098 (10 + 20)$

$R = 0,294 \text{ kN/m}^2 = 29,4 \text{ kg /m}^2$

5.1.2 Pembebanan Tangga

- Beban pelat anak tangga lantai basement
 Beban mati (sesuai ASCE7-2002 Table C3-1):
 Berat pelat (15 cm) $= 3,54 \text{ kN/m}^2$
 Berat anak tangga $= 0,078 \text{ m} \times 23,6 \text{ kN/m}^3$
 $= 1,84 \text{ kN/m}^2$
 Berat keramik dan spesi $= 1,1 \text{ kN/m}^2 +$
 Total beban mati pelat (q DL) $= 6,48 \text{ kN/m}^2$
- Beban pelat anak tangga lantai 1-10
 Beban mati (sesuai ASCE7-2002 Table C3-1):
 Berat pelat (15 cm) $= 3,54 \text{ kN/m}^2$
 Berat anak tangga $= 0,080 \text{ m} \times 23,6 \text{ kN/m}^3$
 $= 1,89 \text{ kN/m}^2$
 Berat keramik dan spesi $= 1,1 \text{ kN/m}^2 +$
 Total beban mati pelat (q DL) $= 6,53 \text{ kN/m}^2$
- Beban Hidup pelat tangga sesuai SNI 1727-2013 :
 Beban hidup $= 479 \text{ kN/m}^2$
- Beban pelat bordes
 Beban mati:
 Berat pelat (15 cm) $= 3,54 \text{ kN/m}^2$
 Berat keramik dan spesi $= 1,1 \text{ kN/m}^2 +$
 Total beban mati pelat (q DL) $= 4,64 \text{ kN/m}^2$
- Beban Hidup pelat bordes sesuai SNI 1727-2013 :
 Beban hidup pelat bordes $= 479 \text{ kN/m}^2$

5.1.3 Pembebanan Dinding

Pembebanan dinding sesuai Brosur dan ASCE7-2002

Berat siticon	$= 0,90 \text{ kN/m}^2$
Berat plesteran	$= 0,48 \text{ kN/m}^2 +$
Total beban dinding	$= 1,38 \text{ kN/m}^2$

Perhitungan :

- Beban merata lantai basement
 $BM = H1 \times \text{Total beban dinding}$
 $= 4 \text{ m} \times 1,38 \text{ kN/m}^2$
 $= 5,52 \text{ kN/m}$
- Beban merata lantai 1-10
 $BM = H2 \times \text{Total beban dinding}$
 $= 4,2 \text{ m} \times 1,38 \text{ kN/m}^2$
 $= 5,796 \text{ kN/m}$

5.1.4 Pembebanan Balok Penggantung Lift

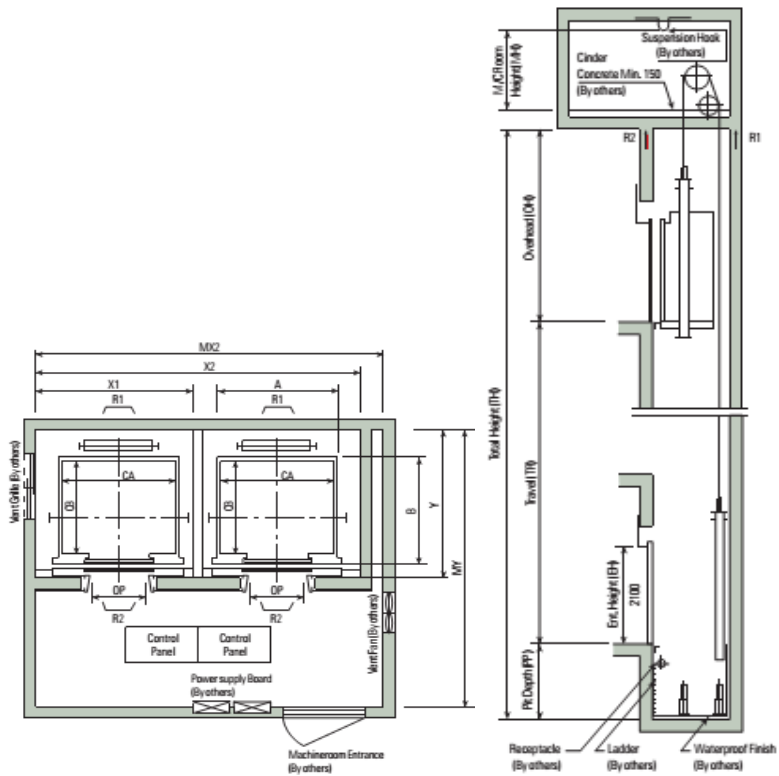
Pada gedung perkuliahan Fakultas Pertanian ini direncanakan menggunakan lift dengan merk *Hyundai Luxen Manufacturer Standard* dengan spesifikasi teknis sebagai berikut:

Tabel 5. 1 Spesifikasi Lift Merk Hyundai

Speed (m/sec)	Capacity		M/C Room Reaction (kg)		Clear Opening (OP)
	Persons	kg	R1	R2	
1.5	15	1000	5450	4300	900

Tabel 5. 2 Spesifikasi Lift Merk Hyundai (lanjutan)

Inside Dimension						
Car		Hoistway		Machine Room		
A	B	X2	Y	MY	MX2	MH
1660	1665	4200	2130	3850	4400	2400



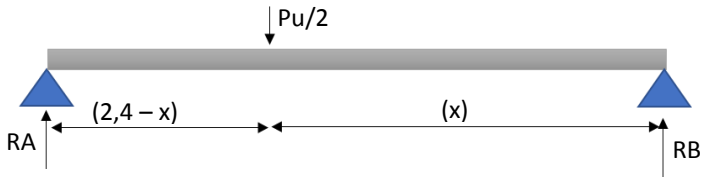
Gambar 5. 1 Elevator Hyundai

Perhitungan pembebanan pada balok penggantung lift:

Panjang balok penggantung lift = 2,57 m

$$Ra = R1 \cdot KLL = R1 \times (1+50\%) = 5450 \text{ kg} \times 150\% = 8175 \text{ kg}$$

$$Rb = R2 \cdot KLL = R2 \times (1+50\%) = 4300 \text{ kg} \times 150\% = 6450 \text{ kg}$$



Gambar 5. 2 Pembebanan Pada Balok Penggantung Lift

$$\sum Mb = 0$$

$$0 = 2,4m \cdot 8175kg - Pu \cdot x$$

$$Pu = \frac{19620kg \cdot m}{x}$$

$$\sum Ma = 0$$

$$0 = 2,4m \cdot 6450kg - Pu \cdot (2,4m - x)$$

$$0 = 15480kg \cdot m - \frac{19620kg \cdot m}{x} (2,4m - x)$$

$$0 = 15480kg \cdot m - \frac{47088kg \cdot m^2}{x} + \frac{(19620kg \cdot m)x}{x}$$

$$0 = -\frac{47088kg \cdot m^2}{x} + 35100kg \cdot m$$

$$(35100kg \cdot m)x = 47088kg \cdot m^2$$

$$x = 1,34 \text{ m}$$

$$Pu = \frac{19620kg \cdot m}{x} = \frac{19620kg \cdot m}{1,34m} = 14625kg$$

$$Pu / 2 = 7312.5 \text{ kg}$$

5.1.5 Pembebanan Angin

Berikut perhitungan pembebanan angin untuk gedung perkuliahan Fakultas Pertanian di Surabaya:

1. Data Perencanaan:

Fungsi bangunan	: Perkuliahan	
Tinggi bangunan	: 46 m	
Panjang bangunan	: 52 m	
Lebar bangunan	: 24 m	
Tinggi lantai	: h basement	: 4 m
	h1-h10	: 4,2 m

2. Langkah-langkah untuk menentukan beban angin SPBAU untuk bangunan gedung tertutup dengan prosedur pengarah (SNI 1727:2013 tabel 27.2-1)
- a. Menentukan kategori resiko bangunan gedung atau struktur lain (SNI 1727:2013 tabel 1.5-1)

Tabel 1.5-1 - Kategori Risiko Bangunan dan Struktur lainnya untuk Beban Banjir, Angin, Salju, Gempa*, dan Es

Penggunaan atau Pemanfaatan Fungsi Bangunan Gedung dan Struktur	Kategori Risiko
Bangunan gedung dan struktur lain yang merupakan risiko rendah untuk kehidupan manusia dalam kejadian kegagalan	I
Semua bangunan gedung dan struktur lain kecuali mereka terdaftar dalam Kategori Risiko I, III, dan IV	II
Bangunan gedung dan struktur lain, kegagalan yang dapat menimbulkan risiko besar bagi kehidupan manusia.	III
Bangunan gedung dan struktur lain, tidak termasuk dalam Kategori Risiko IV, dengan potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi substansial dan/atau gangguan massa dari hari-ke-hari kehidupan sipil pada saat terjadi kegagalan.	IV
Bangunan gedung dan struktur lain tidak termasuk dalam Risiko Kategori IV (termasuk, namun tidak terbatas pada, fasilitas yang manufaktur, proses, menangani, menyimpan, menggunakan, atau membuang zat-zat seperti bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan peledak) yang mengandung zat beracun atau mudah meledak di mana kuantitas material melebihi jumlah ambang batas yang ditetapkan oleh pihak yang berwenang dan cukup untuk menimbulkan suatu ancaman kepada publik jika dirilis.	
Bangunan gedung dan struktur lain yang dianggap sebagai fasilitas penting.	
Bangunan gedung dan struktur lain, kegagalan yang dapat menimbulkan bahaya besar bagi masyarakat.	
Bangunan gedung dan struktur lain (termasuk, namun tidak terbatas pada, fasilitas yang memproduksi, memproses, menangani, menyimpan, menggunakan, atau membuang zat-zat berbahaya seperti bahan bakar, bahan kimia berbahaya, atau limbah berbahaya) yang berisi jumlah yang cukup dari zat yang sangat beracun di mana kuantitas melebihi jumlah ambang batas yang ditetapkan oleh pihak yang berwenang dan cukup menimbulkan ancaman bagi masyarakat jika dirilis*.	IV
Bangunan gedung dan struktur lain yang diperlukan untuk mempertahankan fungsi dari Kategori Risiko IV struktur lainnya.	

Gambar 5. 3 Kategori resiko bangunan

- b. Menentukan kecepatan angin dasar (V)
 Sesuai dengan prakiraan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika
 $V = 20 \text{ knot} = 10,3 \text{ m/s}$
- c. Menentukan Faktor arah angin
 Sesuai dengan SNI 1727:2013 tabel 26.6-1
 $K_d = 0,85$

Tipe Struktur	Faktor Arah Angin K_d^*
Bangunan Gedung Sistem Penahan Beban Angin Utama Komponen dan Klading Bangunan Gedung	0,85 0,85
Atap Lengkung	0,85
Cerobong asap, Tangki, dan Struktur yang sama	
Segi empat	0,90
Segi enam	0,95
Bundar	0,95
Dinding pejal berdiri bebas dan papan reklame pejal berdiri bebas dan papan reklame terikat	0,85 0,85
papan reklame terbuka dan kerangka kisi	0,85
Rangka batang menara	
Segi tiga, segi empat, persegi panjang	0,85
Penampang lainnya	0,95

Gambar 5. 4 Tabel Faktor Arah Angin

- d. Kategori Eksposur
Sesuai dengan SNI 1727:2013 pasal 26.7
Maka termasuk dalam eksposur B
- e. Faktor topografi
Sesuai dengan SNI 1727:2013 pasal 26.8.2
 $K_{zt} = 1$
- f. Faktor efek tiupan angin
Sesuai dengan SNI 1727:2013 pasal 26.9.1
Faktor efek tiupan angin untuk suatu bangunan gedung dan struktur lain yang kaku diambil $G = 0,85$
- g. Koefisien tekanan internal
Sesuai dengan SNI 1727:2013 tabel 26.11-1

Klasifikasi Ketertutupan	(GC_{pi})
Bangunan gedung terbuka	0,00
Bangunan gedung tertutup sebagian	+ 0,55 - 0,55
Bangunan gedung tertutup	+ 0,18 - 0,18

Gambar 5. 5 Tabel Klasifikasi Ketertutupan

Maka, $GC_{pi} = + 0,18$
- 0,18

- h. Koefisien eksposur tekanan velositas
Sesuai dengan SNI 1727:2013 tabel 27.3-1

Tinggi di atas level tanah, z		Eksposur		
ft	(m)	B	C	D
0-15	(0-4,6)	0,57	0,85	1,03
20	(6,1)	0,62	0,90	1,08
25	(7,6)	0,66	0,94	1,12
30	(9,1)	0,70	0,98	1,16
40	(12,2)	0,76	1,04	1,22
50	(15,2)	0,81	1,09	1,27
60	(18)	0,85	1,13	1,31
70	(21,3)	0,89	1,17	1,34
80	(24,4)	0,93	1,21	1,38
90	(27,4)	0,96	1,24	1,40
100	(30,5)	0,99	1,26	1,43
120	(36,6)	1,04	1,31	1,48
140	(42,7)	1,09	1,36	1,52
160	(48,8)	1,13	1,39	1,55
180	(54,9)	1,17	1,43	1,58
200	(61,0)	1,20	1,46	1,61
250	(76,2)	1,28	1,53	1,68
300	(91,4)	1,35	1,59	1,73
350	(106,7)	1,41	1,64	1,78
400	(121,9)	1,47	1,69	1,82
450	(137,2)	1,52	1,73	1,86
500	(152,4)	1,56	1,77	1,89

Gambar 5. 6 Tabel 27.3-1 SNI 1727-2013

Tinggi bangunan (z) = 46 m

Interpolasi nilai z :

$$\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1}$$

$$\frac{46 - 42,7}{48,8 - 42,7} = \frac{y - 1,09}{1,13 - 1,09}$$

$$y = 1,11$$

Sesuai dengan SNI 1727:2013 tabel 26.9.1

Eksposur B $\rightarrow \alpha = 7$

$$z_g = 365,76 \text{ m}$$

$$K_z = 2,01 \left(\frac{z}{z_g} \right)^{\frac{2}{\alpha}}$$

$$K_z = 2,01 \left(\frac{46}{365,76} \right)^{\frac{2}{7}} = 1,11$$

Maka, $K_z = K_h = 1,11$ (karena atap datar)

- i. Menentukan tekanan velositas

Sesuai dengan SNI 1727:2013 pasal 27.3.2

$$q_z = 0,613 \times K_z \times K_{zt} \times K_d \times V^2$$

$$q_z = 0,613 \times 1,11 \times 1 \times 0,85 \times 10,3^2$$

$$q_z = 61,21 \text{ N} / \text{m}^2$$

$$q_h = 0,613 \times K_h \times K_{zt} \times K_d \times V^2$$

$$q_h = 0,613 \times 1,11 \times 1 \times 0,85 \times 10,3^2$$

$$q_h = 61,21 \text{ N} / \text{m}^2$$

- j. Menentukan koefisien tekanan eksternal

Sesuai dengan SNI 1727:2013 gambar 27.4-1 untuk dinding dan atap rata

Koefisien tekanan dinding, C_p			
Permukaan	L/B	C_p	Digunakan dengan
Dinding di sisi angin datang	Seluruh nilai	0,8	q_z
Dinding di sisi angin pergi	0 – 1	- 0,5	q_h
	2	- 0,3	
	≥ 4	- 0,2	
Dinding tepi	Seluruh nilai	- 0,7	q_h

Gambar 5. 7 Koefisien Tekanan Dinding

- Dinding di sisi angin datang (q_z)

$$C_p = 0,8$$

- Dinding di sisi angin pergi (q_h)

$$\frac{L}{B} = \frac{24 \text{ m}}{52 \text{ m}} = 0,46$$

$$C_p = - 0,57$$

- Dinding tepi (q_h)

$$C_p = - 0,7$$

k. Tekanan angin pada setiap permukaan bangunan gedung kaku. Sesuai dengan SNI 1727:2013 persamaan 27.4-1

- Dinding di sisi angin datang

$$p = q \cdot G \cdot C_{pi} - q_i \cdot (GC_{pi})$$

$$p = 61,21 \times 0,85 \times 0,8 - 61,21 \cdot (+0,18)$$

$$p = 30,6 N / m^2 = 3,06 kg / m^2$$

- Dinding di sisi angin pergi

$$p = q \cdot G \cdot C_{pi} - q_i \cdot (GC_{pi})$$

$$p = 61,21 \times 0,85 \times (-0,57) - 61,21 \cdot (+0,18)$$

$$p = -40,7 N / m^2 = -4,07 kg / m^2$$

- Dinding tepi

$$p = q \cdot G \cdot C_{pi} - q_i \cdot (GC_{pi})$$

$$p = 61,21 \times 0,85 \times (-0,7) - 61,21 \cdot (+0,18)$$

$$p = -47,4 N / m^2 = -4,74 kg / m^2$$

Sesuai SNI 1727-2013 pasal 27.1.5 beban angin untuk bangunan gedung tertutup atau tertutup sebagian tidak boleh lebih kecil dari $0,77 \text{ kN/m}^2$ dikalikan luas dinding bangunan gedung, karena nilai beban pada perhitungan kurang dari $0,77 \text{ kN/m}^2$ maka dipakai $0,77 \text{ kN/m}^2$.

5.1.6 Pembebanan Gempa

Beban gempa yang bekerja pada struktur gedung perkuliahan ini sesuai dengan data tanah SPT kota Surabaya. Perhitungan dilakukan metode analisa respons spektrum sesuai SNI 1726-2013:

Tabel 5. 3 Data Tanah Jalan Mulyorejo Utara Surabaya

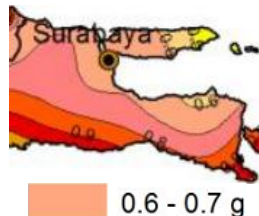
NO	Lapisan ke- i	Kedalaman Antara	Tebal lapisan (m)	Jenis Tanah	Nilai N-SPT	t/N-SPT
1	Lapisan 1	1 sd 4	3	Pasir Berlanau Abu-abu	1.0	3.00
2	Lapisan 2	4 sd 16	12	Lempung Berlanau Abu abu	4.8	2.50
3	Lapisan 3	16 sd 22	6	Lempung Berlanau Berpasir Coklat Kekuningan	45.5	0.13
4	Lapisan 4	22 sd 25	3	Pasir Berlanau Berlempung Coklat Kekuningan	60.0	0.05
5	Lapisan 5	25 sd 27	2	Lempung Berlanau Berpasir Coklat Kekuningan	37.0	0.05
6	Lapisan 6	27 sd 33	6	Pasir Berlanau Berlempung Coklat	47.7	0.13
7	Lapisan 7	33 sd 40	7	Lempung Berlanau Coklat Kekuningan	46.5	0.15
8	Lapisan 8	40 sd 50	10	Pasir Berlanau Berkerikil Coklat	60.0	0.17
Total			49		302.5	6.18

Nilai tahanan penetrasi standart rata - rata pada lapisan tanah tebal 49 m adalah

$$\bar{N} = \frac{\sum \text{tebal lapisan tanah}}{t/N - \text{SPT}} = 7.93$$

Mengacu pada tabel 3 SNI 1726-2012 Klasifikasi Situs Bahwa N, N<15 maka klasifikasi situs pada lokasi proyek termasuk situs **SE Tanah Lunak**.

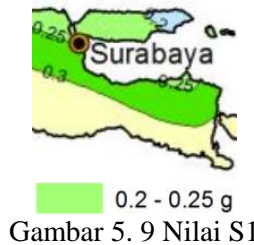
Nilai Ss berdasarkan Gambar 9 SNI 1726-2012 :



Gambar 5. 8 Nilai Ss

Ss (percepatan batuan dasar pada periode pendek) = 0.65 g

Nilai S_1 berdasarkan Gambar 10 :



Gambar 5. 9 Nilai S_1

Nilai F_a berdasarkan SNI 1726-2013, Tabel 4:

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS ^a				

CATATAN:

- (a) Untuk nilai-nilai antara S_s dapat dilakukan interpolasi linier
 (b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

Gambar 5. 10 Nilai F_a

Karena $S_s = 0,65$ g, maka nilai F_a dari interpolasi linier:

$$F_a = \left[\frac{(1,7 - 1,2)}{(0,75 - 0,5)} \times (0,65 - 0,5) \right] + 1,2 = 1,5$$

Nilai F_v berdasarkan SNI 1726-2013, Tabel 5:

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan pada periode 1 detik, S_1				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS ^a				

Gambar 5. 11 Nilai F_v

Karena $S_1 = 0,25$ g, maka nilai F_v dari interpolasi linier:

$$F_v = \left[\frac{(3,2 - 2,8)}{(0,3 - 0,2)} \times (0,25 - 0,2) \right] + 2,8 = 3$$

Nilai parameter spectrum respon percepatan pada perioda pendek dan pada perioda 1 detik (S_{MS} dan S_{M1}), berdasarkan pasal 6.2 :

$$S_{MS} = F_a \times S_s = 1,5 \times 0,65 = 0,975$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 = 3 \times 0,25 = 0,75$$

Parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek S_{DS} dan pada perioda 1 detik, S_{D1} .

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS} = \frac{2}{3} \times 0,975 = 0,65$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1} = \frac{2}{3} \times 0,75 = 0,50$$

Penentuan Perioda

$$T_0 = 0,2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,2 \times \frac{0,50}{0,65} = 0,154$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,50}{0,65} = 0,769$$

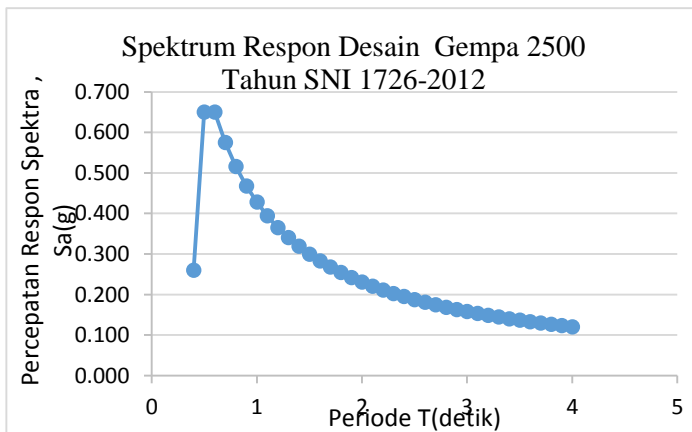
Jika $T > T_s$, Spectrum respons percepatan desain $S_a = S_{D1}/T$

Jika $T \geq T_0$, Spectrum respons percepatan desain $S_a = S_{DS}$

Jika $T < T_s$, Spectrum respons percepatan desain $S_a = S_{D1}/T$

Tabel 5. 4 Hasil Spektrum Respon Desain

T(detik)	T(detik)	Sa(g)			
0	0.000	0.260	Ts+1.9	2.669	0.187
To	0.154	0.650	Ts+2	2.769	0.181
Ts	0.769	0.650	Ts+2.1	2.869	0.174
Ts+0.1	0.869	0.575	Ts+2.2	2.969	0.168
Ts+0.2	0.969	0.516	Ts+2.3	3.069	0.163
Ts+0.3	1.069	0.468	Ts+2.4	3.169	0.158
Ts+0.4	1.169	0.428	Ts+2.5	3.269	0.153
Ts+0.5	1.269	0.394	Ts+2.6	3.369	0.148
Ts+0.6	1.369	0.365	Ts+2.7	3.469	0.144
Ts+0.7	1.469	0.340	Ts+2.8	3.569	0.140
Ts+0.8	1.569	0.319	Ts+2.9	3.669	0.136
Ts+0.9	1.669	0.300	Ts+3	3.769	0.133
Ts+1.0	1.769	0.283	Ts+3.1	3.869	0.129
Ts+1.1	1.869	0.267	Ts+3.2	3.969	0.126
Ts+1.2	1.969	0.254	Ts+3.3	4.069	0.123
Ts+1.3	2.069	0.242	Ts+3.4	4.169	0.120
Ts+1.4	2.169	0.230	Ts+3.5	4.269	0.117
Ts+1.5	2.269	0.220	Ts+3.6	4.369	0.114
Ts+1.6	2.369	0.211	Ts+3.7	4.469	0.112
Ts+1.7	2.469	0.202	Ts+3.8	4.569	0.109
Ts+1.8	2.569	0.195	Ts+3.9	4.669	0.107
			4	4	0.125



Gambar 5. 12 Grafik Respons Spektrum

5.1.7 Kombinasi Pembebanan

Pembebanan struktur beton harus mampu memikul semua beban kombinasi pembebanan dibawah ini berdasarkan SNI 03-1726-2012:

1. $1,4D$
2. $1,2D + 1,6L + 0,5L_r$
3. $1,2D + 1,6L + 0,5R$
4. $1,2D + 1,6L_r + 1,0L$
5. $1,2D + 1,6L_r + 0,5W$
6. $1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5L_r$
7. $1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5R$
8. $0,9D + 1,0W$
9. $1,2D + 1,0EX + 1,0L$
10. $1,2D + 1,0EY + 1,0L$
11. $0,9D + 1,0EX$
12. $0,9D + 1,0EY$
13. $(1,2+0,2S_{DS})D + (1,0\rho)EX + 1,0L$
 $\rightarrow 1,33D + 1,3EX + 1,0L$
14. $(1,2+0,2S_{DS})D + (1,0\rho)EY + 1,0L$
 $\rightarrow 1,33D + 1,3EY + 1,0L$

Dimana nilai : $S_{DS} = 0,65$

$\rho = 1,3$ (SNI 03-1726-2012 Pasal 7.3.4.2)

Keterangan: D : Beban Mati
 L_r : Beban Hidup Atap
 L : Beban Hidup
 R : Beban Hujan
 W : Beban Angin
 E : Beban Gempa

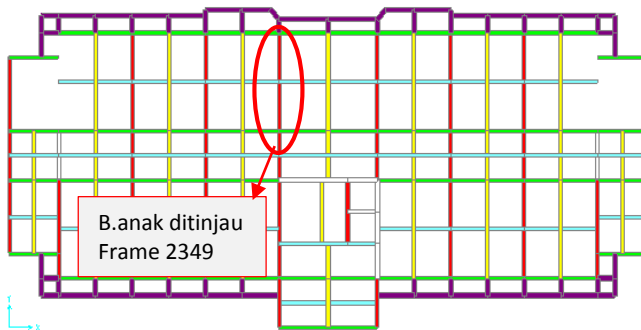
5.2 Permodelan Struktur

5.2.1 Kontrol Permodelan SAP

Kontrol permodelan pada program bantu SAP 2000 v.14 diperlukan untuk memastikan permodelan yang ada sudah baik dan benar. Kontrol permodelan dilakukan dengan membandingkan gaya yang terjadi pada program bantu SAP 2000 v.14 dengan gaya yang terjadi pada hitungan manual.

5.2.1.1 Pengecekan Gaya pada Balok

Pengecekan momen yang terjadi pada balok, dilakukan dengan mengecek pada balok lantai 1 sebagai berikut:

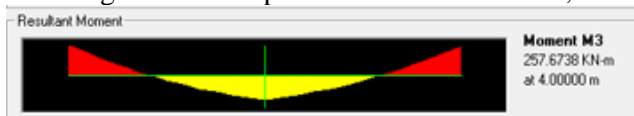


Gambar 5. 13 Balok yang Ditinjau

Untuk gaya yang terjadi pada program bantu SAP 2000 v.14 pada balok yang ditinjau (frame 2349) dengan momen yang terjadi (kombinasi 1,2D + 1,6L) adalah sebagai berikut:

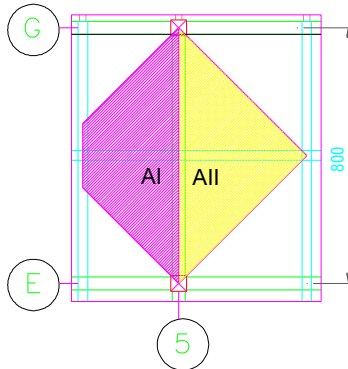


Momen negatif di muka perletakan interior = -342,27 kN.m



Momen positif di tengah bentang = 257,67 kN.m

Sedangkan untuk gaya yang terjadi dengan menggunakan perhitungan manual adalah sebagai berikut:



Gambar 5. 14 Tributary Area pada Balok yang Ditinjau

$$A1 = 15 \text{ m}^2 \quad \text{dan} \quad A2 = 16 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{total}} = A1 + A2 = 31 \text{ m}^2$$

$$\text{Bentang balok } (\ell_n) = 7,25 \text{ m}$$

a. Beban mati tidak terfaktor (per satuan panjang):

- Berat sendiri balok induk = $(0,3 \times 0,8) \text{ m}^2 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 576 \text{ kg/m}$
- Berat sendiri balok anak mem = $(0,3 \times 0,4) \text{ m}^2 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 240 \text{ kg/m}$
- Berat sendiri balok anak mel = $(0,15 \times 0,2) \text{ m}^2 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 60 \text{ kg/m}$
- Berat sendiri pelat = $0,12 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 288 \text{ kg/m}^2$
- Dinding bata ringan CITICON® = 378 kg/m
- Keramik + spesi = 110 kg/m^2
- Ducting mechanical = 19 kg/m^2
- Plafond = 5 kg/m^2
- Penggantung langit-langit = 10 kg/m^2

Beban mati tambahan total:

$$= (288 + 110 + 19 + 5 + 10) \text{ kg/m}^2 = 432 \text{ kg/m}^2$$

Maka beban mati total per satuan panjang adalah:

$$D = \left(\frac{432 \text{ kg/m}^2 \cdot 31 \text{ m}^2}{7,25 \text{ m}} \right) + 576 \text{ kg/m} + 378 \text{ kg/m} + 300 \text{ kg/m}$$

$$D = 3101,17 \text{ kg/m}$$

- b. Beban hidup tidak terfaktor (per satuan panjang):

Beban hidup untuk lantai 1 (koridor/lobby) = 479 kg/m²

$$L = \left(\frac{479 \text{ kg/m}^2 \cdot 31 \text{ m}^2}{7,25 \text{ m}} \right) = 2048 \text{ kg/m}$$

- c. Kombinasi beban akibat gaya gravitasi:

$$q_u = 1,4D = 1,4 \cdot 3101,17 \text{ kg/m} = 4341,6 \text{ kg/m}$$

$$q_u = 1,2D + 1,6L$$

$$q_u = 1,2 (3101,17 \text{ kg/m}) + 1,6 (2048 \text{ kg/m})$$

$$= 6998,4 \text{ kg/m}$$

Diambil yang terbesar yakni $q_u = 6998,4 \text{ kg/m}$

Untuk menghitung momen yang terjadi pada balok, digunakan metode analisis berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 8.3.3, dimana:

Momen negatif di muka perletakan interior:

$$M^- = \frac{-q_u \cdot \ell_n^2}{11} = \frac{-6998,4 \text{ kg/m} \cdot (7,25 \text{ m})^2}{11} = -334,41 \text{ kN.m}$$

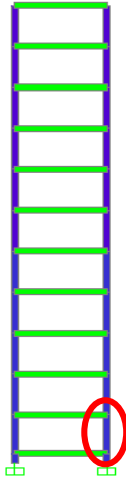
$$M \text{ interior} = \frac{342,27 - 334,41}{342,27} \times 100\% = 2,3\% < 10\% \quad (\text{OKE})$$

Momen positif di tengah bentang:

$$M^+ = \frac{q_u \cdot \ell_n^2}{16} = \frac{6998,4 \text{ kg/m} \cdot (7,25 \text{ m})^2}{16} = 239,54 \text{ kN.m}$$

$$M \text{ tengah} = \frac{257,67 - 239,54}{257,67} \times 100\% = 7,04\% < 10\% \quad (\text{OKE})$$

5.2.1.2 Pengecekan Gaya pada Kolom



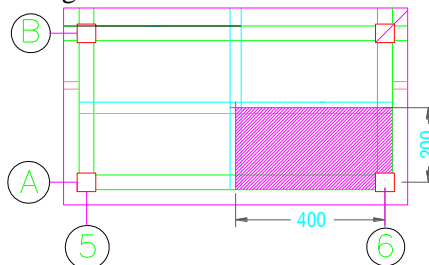
Gambar 5. 15 Kolom yang Ditinjau

Untuk gaya yang terjadi pada program bantu SAP 2000 v.14 pada kolom yang ditinjau (frame 1479) dengan aksial yang terjadi (beban DEAD) adalah sebagai berikut:



$$P = 168129,64 \text{ kg}$$

Untuk gaya yang terjadi dengan menggunakan perhitungan manual adalah sebagai berikut:



Gambar 5. 16 Tributary Area pada Kolom yang Ditinjau

Tabel 5. 5 Rekapitulasi Beban yang dipikul oleh kolom 1479

BEBAN MATI KOLOM FRAME 1479								
Lt.Atap - Lt.2	Beban	B (m)	H (m)	BJ	L (m)	W (kg)	N (buah)	Wtot (kg)
	Balok Mem 30/80	0.3	0.8	2400	3.625	2088.00	10	20880.00
	Balok Mel 30/80	0.3	0.8	2400	1.625	936.00	10	9360.00
	Kolom	0.75	0.75	2400	4.2	5670.00	10	56700.00
	Plat Lt	1.7	4	2400	0.12	1958.40	10	19584.00
	Balok anak mem 30/40	0.15	0.2	2400	3.625	261.00	10	2610.00
	Balok anak mel 30/40	0.15	0.2	2400	1.625	117.00	10	1170.00
Lt. 1	Balok Mem 30/80	0.3	0.8	2400	3.625	6960.00	1	6960.00
	Balok Mel 30/80	0.3	0.8	2400	1.625	936.00	1	936.00
	Kolom	0.75	0.75	2400	4	5400.00	1	5400.00
	Plat Lt	1.7	4	2400	0.12	1958.40	1	1958.40
	Balok anak mem 30/40	0.15	0.2	2400	3.625	261.00	1	261.00
	Balok anak mel 30/40	0.15	0.2	2400	1.625	117.00	1	117.00
Total Beban								125936.40

BEBAN MATI TAMBAHAN KOLOM FRAME 1479								
Lt. 1 - Lt.10	Beban	B (m)	H (m)	BJ	L (m)	W (kg)	N (buah)	Wtot (kg)
	Dinding Siticon	2	4	90	4.2	2268	10	22680
	Ducting Mekanikal	2	4	19		152	10	1520
	Beban Penggantung Langit2	2	4	10		80	10	800
	Plafond	2	4	5		40	10	400
	Beban Keramik + spesi	2	4	110		880	10	8800
Total Beban								34200.00

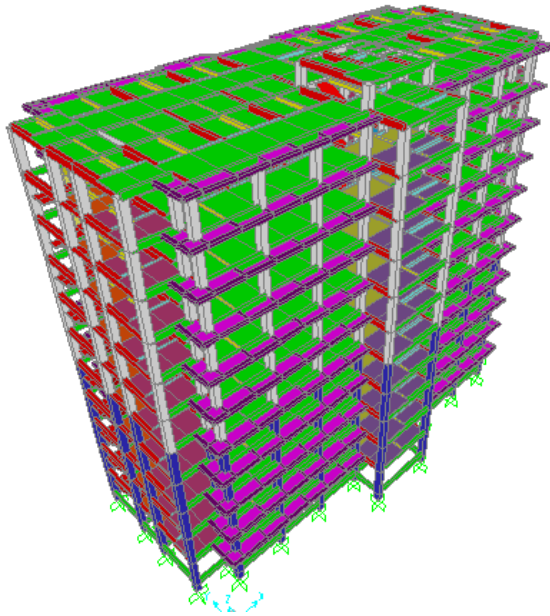
Total aksial yang ditumpu kolom dengan perhitungan manual:

$$P = 125936,4 \text{ kg} + 34200 \text{ kg} = 160136,4 \text{ kg}$$

Selisih perhitungan manual dengan SAP < 10%

$$P = \frac{168129,64 - 160136,4}{168129,64} \times 100\% = 4,75\% < 10\% \quad (\text{OKE})$$

5.2.2 Permodelan Struktur Open Frame



Gambar 5. 17 Permodelan Struktur Open Frame

Faktor Skala untuk Open Frame

Faktor skala gaya gempa diambil dari persamaan sebagai berikut:

$$\text{Faktor Pembebanan} = \frac{I_e}{R} \times g = \frac{1,5}{8} \times 9,8 = 1,8375$$

Faktor beban tersebut adalah untuk arah gempa yang ditinjau (x), sedangkan arah yang tegak lurus dari peninjauan gempa tersebut akan dikenakan gempa sebesar 30% dari arah gempa yang ditinjau sehingga faktor skala gaya pada arah tegak lurus gempa yang ditinjau (y) adalah $0,3 \times 1,8375 = 0,55125$

A. Kontrol Perioda Fundamental Struktur

Dari hasil analisa struktur menggunakan program SAP , diperoleh :

Tabel 5. 6 Modal Load Participation Ratio OF

TABLE: Modal Load Participation Ratios				
OutputCase	ItemType	Item	Static	Dynamic
Text	Text	Text	Percent	Percent
MODAL	Acceleration	UX	100	95.6701
MODAL	Acceleration	UY	100	98.1284
MODAL	Acceleration	UZ	0.0968	0.0028

Tabel 5. 7 Perioda Fundamental Struktur pada Modal dari SAP

TABLE: Modal Periods And Frequencies						
OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
MODAL	Mode	1	2.502201	0.39965	2.5111	6.3054
MODAL	Mode	2	2.373333	0.42135	2.6474	7.0088
MODAL	Mode	3	2.274296	0.4397	2.7627	7.6325
MODAL	Mode	4	0.834556	1.1982	7.5288	56.682
MODAL	Mode	5	0.789518	1.2666	7.9583	63.334
MODAL	Mode	6	0.761315	1.3135	8.2531	68.113
MODAL	Mode	7	0.496609	2.0137	12.652	160.08
MODAL	Mode	8	0.466566	2.1433	13.467	181.36
MODAL	Mode	9	0.363466	2.7513	17.287	298.83
MODAL	Mode	10	0.342337	2.9211	18.354	336.86
MODAL	Mode	11	0.288145	3.4705	21.806	475.49
MODAL	Mode	12	0.249363	4.0102	25.197	634.89
MODAL	Mode	13	0.20742	4.8211	30.292	917.61
MODAL	Mode	14	0.095536	10.467	65.768	4325.4
MODAL	Mode	15	0.057493	17.393	109.29	11943

- Menghitung Periode Fundamental Perkiraan
Periode fundamental perkiraan dihitung dengan menentukan nilai C_t dan x terlebih dahulu, yaitu:

Tabel 5. 8 nilai C_t dan x

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka pemikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 ^a	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 ^a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 ^a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

$$T_a = C_t \times h^x = 0,0466 \times 46^{0,9} = 1,462 \text{ detik}$$

- Menghitung Batas Atas Periode Struktur
Nilai periode struktur bangunan yang ada tidak boleh melebihi nilai batas atas periode struktur yang dihitung berikut:

Tabel 5. 9 nilai C_u

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

$$C_u \times T_a = 1,4 \times 1,462 = 2,046 \text{ detik}$$

Dari hasil analisa SAP diperoleh nilai $T_1 = 2,502$ detik, syarat:

$$T_a < T_1 < (C_u \times T_a)$$

$$1,462 < 2,502 > 2,046 \quad (\text{Tidak Memenuhi})$$

B. Kontrol Gaya Gempa Dasar Dinamis Struktur

Kontrol gaya dinamis struktur dihitung untuk melihat apakah gaya gempa yang diinput menggunakan respons spektrum sudah sesuai dengan yang disyaratkan oleh SNI 1726-2012.

Dari analisa modal diatas, diperoleh perioda fundamental alami struktur sebesar 2,165 detik, sehingga penentuan koefisien C_s adalah sebagai berikut:

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,65}{\left(\frac{8}{1,5}\right)} = 0,12$$

Tetapi tidak perlu melebihi:

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,5}{2,502\left(\frac{8}{1,5}\right)} = 0,037$$

Harus tidak kurang dari:

$$C_s = 0,044 \times S_{DS} \times I_e \geq 0,01$$

$$C_s = 0,044 \times 0,65 \times 1,5 \geq 0,01$$

$$C_s = 0,043 \geq 0,01$$

Jadi menggunakan besaran $C_s = 0,043$

Berikut perhitungan gaya geser dasar dinamis struktur yang terjadi:

Uncracked:

Tabel 5. 10 Berat Struktur Didapatkan dari Base Reaction Fz

TABLE: Base Reactions				
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
1D + 1L	Combinat	-3.577E-07	3.828E-07	17054796.69

$$V = C_s \times W = 0,043 \times 17054796,7 = 731651 \text{ kg}$$

$$0,85.V = 0,85 \times 731651 = 621903 \text{ kg}$$

Hasil analisa dinamis gaya geser gempa dari SAP 2000 diperoleh sebesar:

Tabel 5. 11 Base Reaction dari Program SAP 2000 v.14

TABLE: Base Reactions					
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
RSX	LinRespSpec	Max	482951.63	162647.3	695.99
RSY	LinRespSpec	Max	168927.62	473805.54	1550.45

Arah X = 482951,63 kg

Arah Y = 473805,54 kg

Ketentuan $V_{\text{baseshear}} > 0,85 \text{ V}$ belum memenuhi sehingga diperlukan faktor pembesaran skala gaya gempa sebagai berikut:

- Untuk Gempa Arah X:

$$\text{Faktor pembesaran} = \frac{621903 \text{ kg}}{482951,63 \text{ kg}} \times 1,838 = 2,366$$

- Untuk Gempa Arah Y:

$$\text{Faktor pembesaran} = \frac{621903 \text{ kg}}{473805,54 \text{ kg}} \times 0,551 = 0,724$$

Setelah pada program bantu SAP 2000 v.14 faktor perbesaran gempa diatas dimasukkan, dapat diperoleh hasil *base reaction* sebagai berikut:

Tabel 5. 12 Base Reaction dari Program SAP 2000 v.14 setelah Dikali Faktor Pembesaran

TABLE: Base Reactions					
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
RSX	LinRespSpec	Max	656899.7	221350.82	946.97
RSY	LinRespSpec	Max	229893.15	644459.22	2108.9

Arah X = 656899,7 kg > 621903 kg (Memenuhi)

Arah Y = 644459,22 kg > 621903 kg (Memenuhi)

C. Kontrol Simpangan Antar Lantai

Dari nilai perpindahan elastis (δ_{ei}) yang diperoleh dari SAP, maka dapat dilakukan perhitungan kontrol simpangan antar lantai pada arah X dan arah Y.

Tabel 5. 13 Kontrol simpangan antar lantai pada sumbu X

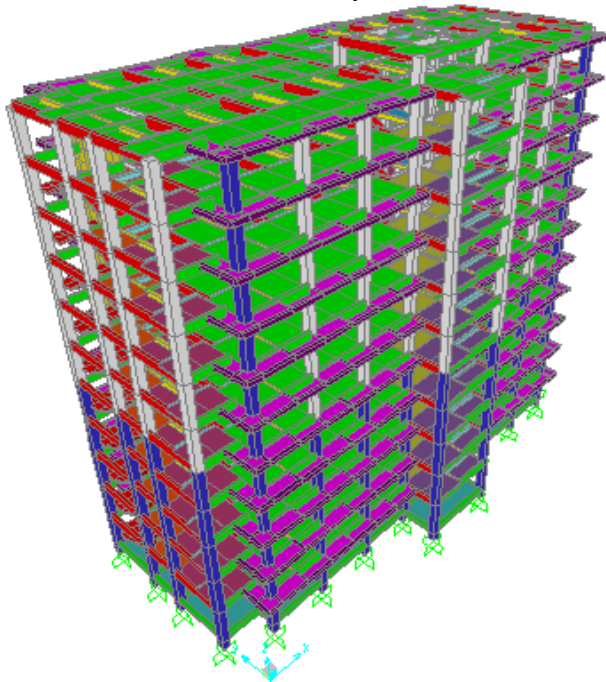
Lantai	Elevasi	Tinggi antar tingkat	δ_{ei}	δ_i	$\delta_{ei}-\delta_{e(i-1)}$	Δ_i	Δa	$\Delta a/\rho$	Ket $\Delta_i < \Delta a/\rho$
			dari SAP	Cd. δ_{ei}/l_e		$(\delta_{ei}-\delta_{e(i-1)})Cd/l_e$	0.01 h _{sx}		
	(m)	(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Atap	46	4.2	76.95	282.150	2.04	7.480	42	32.308	OKE
10	41.8	4.2	74.91	274.670	3.46	12.687	42	32.308	OKE
9	37.6	4.2	71.45	261.983	4.69	17.197	42	32.308	OKE
8	33.4	4.2	66.76	244.787	5.74	21.047	42	32.308	OKE
7	29.2	4.2	61.02	223.740	6.7	24.567	42	32.308	OKE
6	25	4.2	54.32	199.173	7.55	27.683	42	32.308	OKE
5	20.8	4.2	46.77	171.490	8.34	30.580	42	32.308	OKE
4	16.6	4.2	38.43	140.910	9.06	33.220	42	32.308	NO
3	12.4	4.2	29.37	107.690	9.72	35.640	42	32.308	NO
2	8.2	4.2	19.65	72.050	10.19	37.363	42	32.308	NO
1	4	4.2	9.46	34.687	8.98	32.927	40	30.769	NO
Dasar	0	4	0.48	1.76	0.48	1.760	40	30.769	OKE

Tabel 5. 14 Kontrol simpangan antar lantai pada sumbu Y

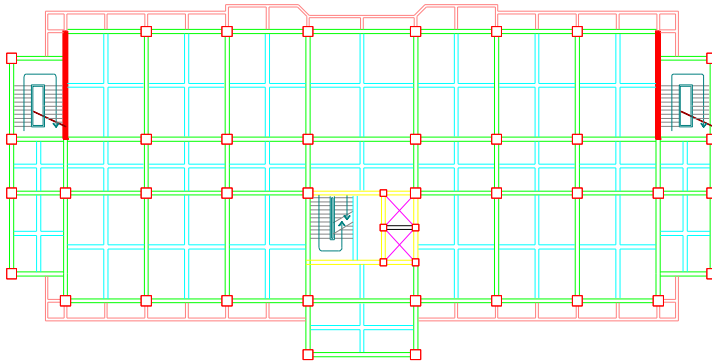
Lantai	Elevasi	Tinggi antar tingkat	δ_{ei}	δ_i	$\delta_{ei}-\delta_{e(i-1)}$	Δ_i	Δa	$\Delta a/\rho$	Ket $\Delta_i < \Delta a/\rho$
			dari SAP	Cd. δ_{ei}/l_e		$(\delta_{ei}-\delta_{e(i-1)})Cd/l_e$	0.01 h _{sx}		
	(m)	(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Atap	46	4.2	113.95	940.088	2.7	9.900	42	32.308	OKE
10	41.8	4.2	111.25	917.813	4.73	17.343	42	32.308	OKE
9	37.6	4.2	106.52	878.790	6.64	24.347	42	32.308	OKE
8	33.4	4.2	99.88	824.010	8.27	30.323	42	32.308	OKE
7	29.2	4.2	91.61	755.783	9.72	35.640	42	32.308	NO
6	25	4.2	81.89	675.593	11.05	40.517	42	32.308	NO
5	20.8	4.2	70.84	584.430	12.34	45.247	42	32.308	NO
4	16.6	4.2	58.5	482.625	13.6	49.867	42	32.308	NO
3	12.4	4.2	44.9	370.425	14.74	54.047	42	32.308	NO
2	8.2	4.2	30.16	248.820	15.6	57.200	40	30.769	NO
1	4	4	14.56	120.120	13.88	50.893	40	30.769	NO
Dasar	0	4	0.68	5.61	0.68	2.493	40	30.769	OKE

Karena kontrol perioda fundamental struktur yang dimodelkan belum masuk pada kisaran perioda struktur yang dihitung dan simpangan terjadi pada arah X dan arah Y belum memenuhi, maka solusi yang dilakukan adalah dengan meninjau ulang struktur gedung ini menggunakan Sistem Ganda (SRPM dan *shear wall*).

5.2.3 Permodelan Struktur *Dual System*



Gambar 5. 18 Permodelan Struktur Dual System



Gambar 5. 19 Denah Rencana Lokasi Shearwall

Faktor Skala untuk *Dual System*

Faktor skala gaya gempa diambil dari persamaan sebagai berikut:

- Untuk SRPM (Arah X)

$$\text{Faktor Pembebanan} = \frac{I_e}{R} \times g = \frac{1,5}{8} \times 9,8 = 1,838$$

- Untuk *Shearwall* (Arah Y)

$$\text{Faktor Pembebanan} = \frac{I_e}{R} \times g = \frac{1,5}{7} \times 9,8 = 2,1$$

Faktor beban tersebut adalah untuk arah gempa yang ditinjau, sedangkan arah yang tegak lurus dari peninjauan gempa tersebut akan dikenakan gempa sebesar 30% dari arah gempa yang ditinjau sehingga faktor skala gaya pada arah tegak lurus gempa yang ditinjau adalah sebagai berikut:

- Untuk SRPM (Arah X)

$$\begin{aligned} \text{Faktor Pembebanan} &= 30\% \cdot \text{Arah Y} \\ &= 0,3 \cdot 2,1 = 0,63 \end{aligned}$$

- Untuk *Shearwall* (Arah Y)

$$\begin{aligned} \text{Faktor Pembebanan} &= 30\% \cdot \text{Arah X} \\ &= 0,3 \cdot 1,838 = 0,551 \end{aligned}$$

A. Kontrol Dual System

Menurut SNI 03-1726-2012 pasal 7.5.2.1 bahwa SRPM Momen harus memikul minimum 25% dari beban geser nominal total yang bekerja pada struktur bangunan.

Maka harus diperiksa persentase antara *base shears* yang dihasilkan oleh SRPM dan shearwall dari masing-masing kombinasi pembebanan gempa. Caranya adalah dengan menjumlah reaksi perletakan SRPM dan reaksi perletakan *shearwall* untuk kombinasi pembebanan gempa, kemudian dibandingkan persentasenya. Persentasenya dihitung dan disajikan dalam tabel berikut ini :

Tabel 5. 15 Besar gaya gempa yang Ditumpu SRPM dan Shearwall Pada Kombinasi Beban Gempa

No	Kombinasi Pembebanan	Persentase Dalam Menahan Gempa			
		FX		FY	
		SRPM	Shearwall	SRPM	Shearwall
1	RSX	869351.77	81154.17	174477.09	267412.46
2	RSY	261782.28	30287.81	511175.32	842656.76

Tabel 5. 16 Presentase Struktur Dalam Menahan Gaya Gempa

No	Kombinasi Pembebanan Gempa	Persentase Dalam Menahan Gempa (%)			
		FX		FY	
		SRPM	Shearwall	SRPM	Shearwall
1	RSX	91.46%	8.54%	39.48%	60.52%
2	RSY	89.63%	10.37%	37.76%	62.24%

Dari hasil diatas, dapat dilihat bahwa persentase dari SRPM hampir semua kombinasi pembebanan gempa nilainya lebih besar dari 25%, sehingga konfigurasi struktur gedung ini telah memenuhi syarat sebagai struktur Dual System menurut SNI 03-1726-2012.

B. Kontrol Periode Fundamental Struktur

Dari hasil analisa struktur menggunakan program SAP , diperoleh :

Tabel 5. 17 Modal Load Participation Ratio

TABLE: Modal Load Participation Ratios				
OutputCase	ItemType	Item	Static	Dynamic
Text	Text	Text	Percent	Percent
MODAL	Acceleration	UX	100	97.3366
MODAL	Acceleration	UY	100	96.9529
MODAL	Acceleration	UZ	0.141	0.3356

Tabel 5. 18 Periode Fundamental Struktur pada Modal dari SAP

TABLE: Modal Periods And Frequencies						
OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
MODAL	Mode	1	1.498469	0.66735	4.1931	17.582
MODAL	Mode	2	1.180401	0.84717	5.3229	28.334
MODAL	Mode	3	0.964262	1.0371	6.5161	42.459
MODAL	Mode	4	0.487356	2.0519	12.892	166.21
MODAL	Mode	5	0.336613	2.9708	18.666	348.42
MODAL	Mode	6	0.278524	3.5904	22.559	508.9
MODAL	Mode	7	0.267093	3.744	23.524	553.4
MODAL	Mode	8	0.19084	5.24	32.924	1084
MODAL	Mode	9	0.176838	5.6549	35.531	1262.4
MODAL	Mode	10	0.140844	7.1	44.611	1990.1
MODAL	Mode	11	0.127972	7.8142	49.098	2410.6
MODAL	Mode	12	0.098444	10.158	63.825	4073.6
MODAL	Mode	13	0.090668	11.029	69.298	4802.3
MODAL	Mode	14	0.038528	25.955	163.08	26595
MODAL	Mode	15	0.034694	28.823	181.1	32798

- Menghitung Periode Fundamental Perkiraan
Periode fundamental perkiraan dihitung dengan menentukan nilai C_t dan x terlebih dahulu, yaitu:

Tabel 5. 19 Nilai C_t dan x

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka pemikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 ^a	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 ^a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 ^a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

$$Ta_{Shearwall} = Ct \times hn^x = 0,0488 \times 46^{0,75} = 0,862 \text{ detik}$$

$$Ta_{SRPM} = Ct \times hn^x = 0,0466 \times 46^{0,9} = 1,462 \text{ detik}$$

- Menghitung Batas Atas Periode Struktur
Nilai periode struktur bangunan yang ada tidak boleh melebihi nilai batas atas periode struktur yang dihitung berikut:

Tabel 5. 20 Nilai C_u

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Nilai C_u ialah 1,4 karena S_{D1} ialah 0,5. $T_{batas\ atas}$ dapat diperoleh sebagai berikut :

$$Cu \times Ta_{Shearwall} = 1,4 \times 0,862 = 1,207 \text{ detik}$$

$$Cu \times Ta_{SRPM} = 1,4 \times 1,462 = 2,046 \text{ detik}$$

Dari hasil analisa SAP pada tabel diatas diperoleh nilai :

$$T_{SAP} \text{ SRPM (Mode 1)} = 1,498$$

Perbandingan nilai untuk periode fundamental struktur sebagai berikut :

$$\begin{array}{ccccc} T_{a \min} & \leq & T_{sap} & \leq & T_{\max} \\ 1,462 & \leq & 1,498 & \leq & 2,046 \end{array}$$

$$T_{SAP} \text{ Shear Wall (Mode 2)} = 1,18$$

Perbandingan nilai untuk periode fundamental struktur sebagai berikut :

$$\begin{array}{ccccc} T_{a \min} & \leq & T_{sap} & \leq & T_{\max} \\ 0,862 & \leq & 1,18 & \leq & 1,207 \end{array}$$

Tinjauan struktur Uncracked untuk perioda struktur pada pemodelan telah memenuhi kisaran perioda struktur yang dihitung. Menurut SNI 1726:2012 pasal 7.9.4.1, Periode fundamental struktur (T) yang digunakan:

- Jika $T_c > C_u \times T_a$ maka digunakan $T = C_u \times T_a$
- Jika $T_a < T_c < C_u \times T_a$ maka digunakan $T = T_c$
- Jika $T_c < T_a$ maka digunakan $T = T_a$

Keterangan :

T_c : Periode fundamental struktur yang diperoleh dari program analisa struktur

Maka dari hasil analisa struktur perioda fundamental struktur yang digunakan ialah T_{SAP} .

C. Kontrol Gaya Gempa Dasar Dinamis Struktur

Kontrol gaya dinamis struktur dihitung untuk melihat apakah gaya gempa yang diinput menggunakan respons spektrum sudah sesuai dengan yang disyaratkan oleh SNI 1726-2012.

Dari analisa modal diatas, diperoleh perioda fundamental alami struktur sebesar 1,498 detik untuk arah X dan 1,18 untuk arah Y, sehingga penentuan koefisien C_s adalah sebagai berikut:

- Untuk SRPM (Arah X)

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I}\right)} = \frac{0,65}{\left(\frac{8}{1,5}\right)} = 0,122$$

- Untuk Shear Wall (Arah Y)

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I}\right)} = \frac{0,65}{\left(\frac{7}{1,5}\right)} = 0,139$$

Tetapi tidak perlu melebihi (C_s max):

- Untuk SRPM (Arah X)

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,5}{1,498\left(\frac{8}{1,5}\right)} = 0,063$$

- Untuk Shearwall (Arah Y)

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,5}{1,18\left(\frac{7}{1,5}\right)} = 0,091$$

Harus tidak kurang dari (C_s min):

$$C_s = 0,044 \times S_{DS} \times I_e \geq 0,01$$

$$C_s = 0,044 \times 0,65 \times 1,5 \geq 0,01$$

$$C_s = 0,043 \geq 0,01$$

Dari perhitungan nilai C_s diatas dapat direkapitulasi pada tabel dibawah ini :

Tabel 5. 21 Rekapitulasi Nilai C_s

	C_s min	C_s	C_s max	C_s pakai
Arah X	0,043	0,122	0,063	0,063
Arah Y	0,043	0,139	0,091	0,091

Berikut perhitungan gaya geser dasar dinamis struktur yang terjadi:

Uncracked:

Tabel 5. 22 Berat Struktur Didapatkan dari Base Reaction Fz

TABLE: Base Reactions				
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
1D + 1L	Combinat	7.702E-08	7.759E-09	17100079.89

$$V_x = C_s \times W = 0,063 \times 17100079,89 = 10701,82 \text{ kN}$$

$$V_y = C_s \times W = 0,091 \times 17100079,89 = 15526,71 \text{ kN}$$

$$0,85.V_x = 0,85 \times 10701,82 = 9096,55 \text{ kN}$$

$$0,85.V_y = 0,85 \times 15526,71 = 13197,7 \text{ kN}$$

Hasil analisa dinamis gaya geser gempa dari SAP 2000 diperoleh sebesar:

Tabel 5. 23 Base Reaction dari Program SAP 2000 v.14

TABLE: Base Reactions					
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
RSX	LinRespSpec	Max	758934.61	307497.88	2133.18
RSY	LinRespSpec	Max	229674.48	1021214.18	3029.3

Arah X = 7589,35 kN

Arah Y = 10212,14 kN

Ketentuan $V_{\text{baseshear}} > 0,85 V$ belum memenuhi sehingga diperlukan faktor pembesaran skala gaya gempa sebagai berikut:

- Untuk SRPM (arah X):

$$\text{Faktor pembesaran} = \frac{9096,55 \text{ kN}}{7589,35 \text{ kN}} \times 1,838 = 2,21$$

- Untuk *Shearwall* (arah Y) :

$$\text{Faktor pembesaran} = \frac{13197,7 \text{ kN}}{10212,14 \text{ kN}} \times 2,1 = 2,75$$

Faktor pembesaran skala gaya arah tegak lurus gempa sebesar 30% sebagai berikut :

- Untuk SRPM (arah X):
 Faktor Perbesaran = 30% arah y
 $= 0,3 \cdot 2,75 = 0,82$
- Untuk *Shearwall* (arah Y) :
 Faktor Perbesaran = 30% arah x
 $= 0,3 \cdot 2,21 = 0,662$

Setelah pada program bantu SAP 2000 v.14 faktor perbesaran gempa diatas dimasukkan, dapat diperoleh hasil *base reaction* sebagai berikut:

Tabel 5. 24 Base Reaction dari Program SAP 2000 v.14 setelah Dikali Faktor Pembesaran

TABLE: Base Reactions					
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
RSX	LinRespSpec	Max	949708.56	404969.2	2694.56
RSY	LinRespSpec	Max	277656.58	1337298.19	3955.94

Untuk arah X = 9497,09 kN > 9096,55 kN (Memenuhi)

Untuk arah Y = 13372,98 kN > 13197,7 kN (Memenuhi)

D. Kontrol Simpangan Antar Lantai

Dari nilai perpindahan elastis (δ_{ei}) yang diperoleh dari SAP, maka dapat dilakukan perhitungan kontrol simpangan antar lantai pada arah X dan arah Y.

Tabel 5. 25 Kontrol simpangan antar lantai pada sumbu X

Lantai	Elevasi	Tinggi antar tingkat	δ_{ei}	δ_i	$\delta_{ei}-\delta_{e(i-1)}$	Δ_i	Δ_a	Ket
	(m)		dari SAP	Cd. δ_{ei}/l_e		$(\delta_{ei}-\delta_{e(i-1)})Cd/l_e$	0.01 hsx	
			(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	$\Delta_i < \Delta_a$
Atap	46	4.2	59.57	218.423	1.7	6.233	42	OKE
10	41.8	4.2	57.87	212.190	2.71	9.937	42	OKE
9	37.6	4.2	55.16	202.253	3.73	13.677	42	OKE
8	33.4	4.2	51.43	188.577	4.66	17.087	42	OKE
7	29.2	4.2	46.77	171.490	5.5	20.167	42	OKE
6	25	4.2	41.27	151.323	6.21	22.770	42	OKE
5	20.8	4.2	35.06	128.553	6.85	25.117	42	OKE
4	16.6	4.2	28.21	103.437	7.35	26.950	42	OKE
3	12.4	4.2	20.86	76.487	7.64	28.013	42	OKE
2	8.2	4.2	13.22	48.473	7.52	27.573	42	OKE
1	4	4.2	5.7	20.900	5.37	19.690	40	OKE
Dasar	0	4	0.33	1.21	0.33	1.210	40	OKE

Tabel 5. 26 Kontrol simpangan antar lantai pada sumbu Y

Lantai	Elevasi	Tinggi antar tingkat	δ_{ei}	δ_i	$\delta_{ei}-\delta_{e(i-1)}$	Δ_i	Δ_a	Ket
	(m)		dari SAP	Cd. δ_{ei}/l_e		$(\delta_{ei}-\delta_{e(i-1)})Cd/l_e$	0.01 hsy	
			(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	$\Delta_i < \Delta_a$
Atap	46	4.2	58.68	484.110	4.24	15.547	42	OKE
10	41.8	4.2	54.44	449.130	4.92	18.040	42	OKE
9	37.6	4.2	49.52	408.540	5.37	19.690	42	OKE
8	33.4	4.2	44.15	364.238	5.85	21.450	42	OKE
7	29.2	4.2	38.3	315.975	6.19	22.697	42	OKE
6	25	4.2	32.11	264.908	6.43	23.577	42	OKE
5	20.8	4.2	25.68	211.860	6.46	23.687	42	OKE
4	16.6	4.2	19.22	158.565	6.2	22.733	42	OKE
3	12.4	4.2	13.02	107.415	5.56	20.387	42	OKE
2	8.2	4.2	7.46	61.545	4.48	16.427	40	OKE
1	4	4	2.98	24.585	2.78	10.193	40	OKE
Dasar	0	4	0.2	1.65	0.2	0.733	40	OKE

Karena simpangan antar lantai tingkat desain (Δ_i) kurang dari simpangan antar lantai tingkat ijin (Δ_a), maka kontrol simpangan antar lantai “Memenuhi”.

BAB VI

ANALISIS STRUKTUR SEKUNDER DAN SRUKTUR PRIMER

6.1 Perhitungan Struktur Sekunder

6.1.1 Perhitungan Struktur Pelat Lantai

6.1.1.1 Pembebanan Struktur Pelat Lantai

Struktur pelat lantai yang dihitung pada bab ini merupakan pelat yang dikelilingi oleh balok. Pelat ini digunakan pada lantai 1 hingga lantai atap.

- 1) Beban mati pelat yang ditinjau :
(sesuai ASCE7-2002 Table C3-1):

Pelat Lantai tebal (12cm)	= 2,83	kN/m ²
Ducting Mekanikal	= 0,19	kN/m ²
Berat keramik dan spesi	= 1,1	kN/m ²
Berat plafond	= 0,05	kN/m ²
Berat penggantung	= 0,1	kN/m ²
Lapisan Waterproofing	= 0,05	kN/m ² +
Total beban mati pelat	= 4,27	kN/m ²

- 2) Beban hidup yang ditinjau adalah beban hidup terbesar:
Beban Hidup Lantai = 4,79 kN/m²

- 3) Beban ultimate rencana

$$q_{ultimate} = 1,2 \cdot q_D + 1,6 \cdot q_L$$

$$q_{ultimate} = 1,2 \cdot (4,27 \text{ kN} / \text{m}^2) + 1,6 \cdot (4,79 \text{ kN} / \text{m}^2)$$

$$q_{ultimate} = 12,79 \text{ kN} / \text{m}^2$$

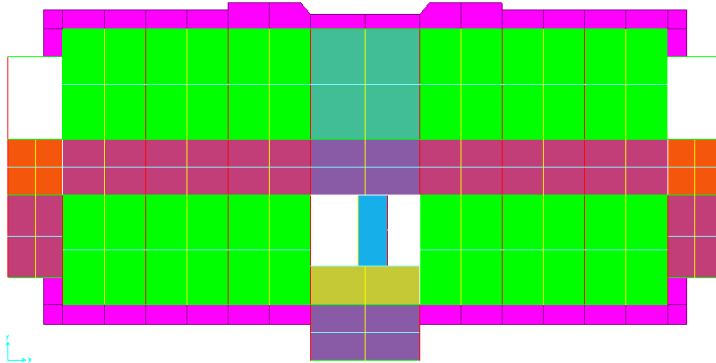
Beban ultimate pelat per 1m:

$$W_{ultimate} = q_{ultimate} \times 1m$$

$$W_{ultimate} = 12,79 \text{ kN} / \text{m}^2 \times 1m = 12,79 \text{ kN} / m$$

6.1.1.2 Analisis Struktur Pelat Lantai

Dalam perhitungan pelat lantai, momen yang terjadi pada pelat akan diambil dari permodelan struktur pada program bantu SAP 2000 yang nantinya akan dibandingkan dengan tabel koefisien momen pada PBI 1971.



Gambar 6. 1 Permodelan Pelat Lantai pada SAP

Perbandingan momen pelat yang terjadi dihitung menggunakan tabel koefisien momen dan yang dihitung menggunakan SAP 2000 v.14, disajikan dalam tabel berikut ini:

Tabel 6. 1 Perbandingan Momen yang Terjadi Dihitung Menggunakan SAP 2000 v.14 dan Tabel Koefisien Momen

Tipe Pelat	Momen SAP (kg.m)				Koefisien Momen PBI 1971 (kg.m)				Ln / Sn	Ket
	Mtx	Mlx	Mty	Mly	Mtx	Mlx	Mty	Mly		
P1 (4x3)	-1233.21	497.51	-689.19	344.96	680.67	317.02	531.48	167.84	1.37	Two Way
P2 (4x4)	-1256.72	842.69	-1239.44	854.37	910.52	367.71	910.52	367.71	1.00	Two Way
P3 (3x2)	-777.64	355.58	-600.25	313.78	292.02	136.77	210.70	59.14	1.59	Two Way
P4 (4x2,85)	-1054.57	687.2	-871.1	525.25	607.14	199.61	474.07	149.71	1.45	Two Way
P5 (4x2)	-1204.67	367.88	-	-	306.80	151.55	-	-	2.18	One Way
P6 (2x2)	-257.95	115.20	-379.07	125.08	192.21	77.62	192.21	77.62	1.00	Two Way
P7 (5,15x2)	-1520.14	534.43	-	-	306.80	155.25	-	-	2.85	One Way
PK (3x1,9)	-347.45	99.66	-308.73	85.64	337.07	110.82	263.19	83.11	1.42	Two Way
PL (5,15x2)	-1837.10	461.79	-	-	306.80	155.25	-	-	2.85	One Way
PS (8x8)	-1880.10	924.92	-1616.52	793.10	3841.62	1551.42	240.10	96.96	1.00	Two Way

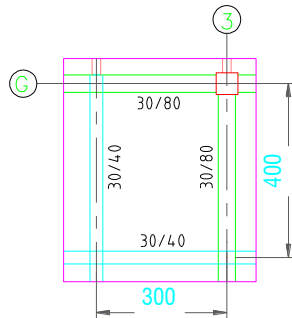
Dapat dilihat dari tabel diatas bahwa hasil momen terjadi dari analisis menggunakan SAP 2000 v.14 relatif lebih besar dibandingkan momen yang dihitung menggunakan tabel koefisien momen PBI 1971, sehingga untuk perhitungan penulangan pelat akan digunakan momen hasil perhitungan SAP 2000 v.14.

6.1.1.3 Perhitungan Penulangan Pelat Lantai

Data Perencanaan:

f_c'	= 35 Mpa	
f_y	= 400 Mpa	
β_1	= 0,80 (<i>SNI 2847, pasal 10.2.7.3</i>)	
b	= 1000 mm	= 1m
h	= 120 mm	= 0,12 m
$\phi_{tul. lentur}$	= 10 mm	= 0,010 m
<i>decking</i>	= 20 mm	= 0,02 m

A. Pelat Tipe 1 (P1)



Gambar 6. 2 Pelat Tipe 1 (P1)

$$L_y = 400\text{cm} - \frac{40\text{cm}}{2} - \frac{30\text{cm}}{2} = 365\text{ cm} = 3,65\text{ m}$$

$$L_x = 300\text{cm} - \frac{40\text{cm}}{2} - \frac{30\text{cm}}{2} = 265\text{ cm} = 2,65\text{ m}$$

$$\beta = \frac{L_y}{L_x} = \frac{3,65m}{2,65m} = 1,377 < 2 \text{ (pelat dua arah)}$$

Mencari rasio tulangan min dan max:

$$- m = \frac{f_y}{0,85 \cdot F_c} = \frac{400Mpa}{0,85 \cdot 35Mpa} = 13,445$$

$$- \rho_b = \frac{0,85 \cdot F_c \cdot \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot 35Mpa \cdot 0,8}{240Mpa} \times \frac{600}{600 + 400} = 0,0357$$

Karena mutu tulangan yang dipakai adalah $f_y = 400$ Mpa, maka perhitungan ρ_{\min} menggunakan interpolasi:

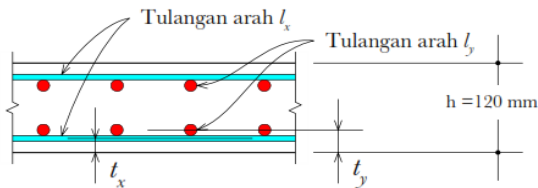
(SNI 2847-2013 pasal 7.12.2.1)

$$- \rho_{\min} = 0,002 - \frac{(350 - 400)}{(350 - 420)} \cdot (0,002 - 0,0018)$$

$$\rho_{\min} = 0,00186$$

$$- \rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b \text{ (SNI 2847:2013 Lampiran B.10.3.3)}$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot 0,0357 = 0,0268$$



$$- d_x = t - \text{decking} - \frac{1}{2} \text{Øtulangan}$$

$$= 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{1}{2} 10 \text{ mm}$$

$$= 95 \text{ mm}$$

$$- d_y = t - \text{decking} - \text{Øtulangan} - \frac{1}{2} \text{Øtulangan}$$

$$= 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \frac{1}{2} 10 \text{ mm}$$

$$= 85 \text{ mm}$$

Kebutuhan Tulangan Pada Pelat Tipe 1:

1. Perhitungan Tulangan arah Lx (bentang pendek)

a. $M_{tx} = 12,332 \text{ kN.m}$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{12332000 \text{ Nmm}}{0.9} = 13702000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b.d^2} = \frac{13702000 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot (95 \text{ mm})^2} = 1,518 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2m.R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2(13,445) \cdot (1,518)}{400}} \right) = 0,0039$$

Cek Persyaratan:

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,00186 < 0,0039 < 0,0267 \quad (\text{Memenuhi})$$

Maka : $A_s \text{ perlu} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$

$$A_s \text{ perlu} = 0,0039 \times 1000 \text{ mm} \times 95 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ perlu} = 370,29 \text{ mm}^2$$

Kontrol Jarak Tulangan

$$S_{\max} \leq 2h$$

$$S_{\max} \leq 2 \cdot (120 \text{ mm}) = 240 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan D10, sehingga jarak antar tulangan:

$$S = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_s \text{ perlu}}$$

$$S = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{370,29 \text{ mm}^2} = 212,103 \text{ mm}$$

Karena $S < S_{\max}$ maka digunakan $S_{\text{pakai}} = 150 \text{ mm}$

Jadi digunakan tulangan D10-150mm,

$$A_{s_{\text{pakai}}} = 523,6 \text{ mm}^2 > 370,29 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Cek Kapasitas Penampang

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{523,6 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 1000 \text{ mm}} = 7,04 \text{ mm}$$

$$\phi Mn = \phi \cdot A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 0,9 \cdot 523,6 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \left(95 \text{ mm} - \frac{7,04 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 17,24 \text{ kNm} > Mu = 12,332 \text{ kNm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Cek Jarak Tulangan Terhadap Kontrol Retak

Pengecekan jarak tulangan terhadap kontrol retak dilakukan berdasarkan Sni 03-2847-2013 pasal 10.6.4.

$$\text{Syarat: } s = 380 \cdot \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5 \cdot c_c \text{ dan tidak melebihi}$$

$$s_{\max} = 300 \cdot \left(\frac{280}{f_s} \right)$$

$$f_s = \frac{2}{3} \cdot f_y = \frac{2}{3} \cdot 400 \text{ Mpa} = 266,67 \text{ Mpa}$$

Dengan c_c merupakan jarak terkecil dari permukaan tulangan ke muka tarik, sehingga $c_c = 20 \text{ mm}$

$$\text{Sehingga: } s = 380 \cdot \left(\frac{280}{266,67} \right) - 2,5 \cdot 20 = 348,99 \text{ mm}$$

$$s_{\max} = 300 \cdot \left(\frac{280}{266,67} \right) = 315 \text{ mm}$$

Jarak antar tulangan dipakai = $150 \text{ mm} < 315 \text{ mm}$ (OKE)

Kontrol Ketebalan Pelat Terhadap Geser

- Kontrol geser dua arah (pons) pada jarak $d/2$ dari muka kolom, $d = 95 \text{ mm}$.

Apabila lebar kolom = 750 mm , maka:

$$b_o = 4 \times (750\text{mm} + 95\text{mm}) = 3380 \text{ mm}$$

$$V_u = (l_y \cdot l_x - (b_{\text{kolom}} + d)^2) q_u$$

$$V_u = (3,65\text{m} \cdot 2,65\text{m} - (0,75\text{m} + 0,095\text{m})^2) 12,79\text{kN/m}^2$$

$$V_u = 114,58 \text{ kN}$$

Nilai V_c ditentukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 11.11.2.1

$$V_c = 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

Dimana: $\lambda = 1$ untuk beton normal berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 8.6.1

$$V_c = 0,33 \cdot 1,0 \cdot \sqrt{35} \cdot 3380\text{mm} \cdot 95\text{mm} = 626,88 \text{ kN}$$

$$\phi \cdot V_c = 0,75 \cdot 626,88\text{kN} = 470,16\text{kN}$$

$$V_u < \phi \cdot V_c \quad (\text{Memenuhi})$$

- Kontrol geser satu arah pada jarak d dari muka kolom

$$x = \frac{3650\text{mm}}{2} - \frac{750\text{mm}}{2} - 95\text{mm} = 1355\text{mm} = 1,355 \text{ m}$$

$$V_u = q_u \cdot b \cdot x = 12,79\text{kN/m}^2 \cdot 1\text{m} \cdot 1,355\text{m} = 17,57 \text{ kN}$$

Nilai V_c ditentukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 11.2.1.

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

Dimana: $\lambda = 1$ untuk beton normal berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 8.6.1

$$V_c = 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35\text{Mpa}} \cdot 1000\text{mm} \cdot 95\text{mm} = 94538,95\text{N}$$

$$\phi \cdot V_c = 0,75 \cdot 94538,95\text{N} = 70904,22 \text{ N} = 70,904 \text{ kN}$$

$$V_u < \phi \cdot V_c \quad (\text{Memenuhi})$$

b. $Mlx = 4,975kN.m$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{4975000Nmm}{0.9} = 5528000Nmm$$

$$Rn = \frac{Mn}{b.d^2} = \frac{5528000Nmm}{1000mm.(95mm)^2} = 0,613N/mm^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2m.Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2(13,445).(0,613)}{400}} \right) = 0,0027$$

Cek Persyaratan:

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,00186 < 0,0027 < 0,0268 \quad (\text{Memenuhi})$$

Maka : $As_{\text{perlu}} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$

$$As_{\text{perlu}} = 0,0027 \times 1000mm \times 95mm$$

$$As_{\text{perlu}} = 252,11 \text{ mm}^2$$

Kontrol Jarak Tulangan

$$S_{\max} \leq 2h$$

$$S_{\max} \leq 2.(120mm) = 240mm$$

Dipakai tulangan D10, sehingga jarak antar tulangan:

$$S = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{As_{\text{perlu}}}$$

$$S = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10mm)^2 \cdot 1000mm}{252,11mm^2} = 311,5mm$$

Karena $S < S_{\max}$ maka digunakan $S_{\text{pakai}} = 150mm$

Jadi digunakan tulangan D10-150mm,
 $As_{pakai} = 523,6mm^2 > 252,11 mm^2$ (Memenuhi)

Cek Kapasitas Penampang

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b} = \frac{392,7mm^2 \cdot 400Mpa}{0,85 \cdot 35Mpa \cdot 1000mm} = 5,28mm$$

$$\phi Mn = \phi \cdot As \cdot fy \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 0,9 \cdot 392,7mm^2 \cdot 400Mpa \left(95mm - \frac{5,28mm}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 13,06kNm > Mu = 4,975kNm \quad (\text{Memenuhi})$$

Cek Jarak Tulangan Terhadap Kontrol Retak

Pengecekan jarak tulangan terhadap kontrol retak dilakukan berdasarkan Sni 03-2847-2013 pasal 10.6.4.

$$\text{Syarat: } s = 380 \cdot \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5 \cdot c_c \text{ dan tidak melebihi}$$

$$s_{\max} = 300 \cdot \left(\frac{280}{f_s} \right)$$

$$f_s = \frac{2}{3} \cdot fy = \frac{2}{3} \cdot 400Mpa = 266,67Mpa$$

Dengan c_c merupakan jarak terkecil dari permukaan tulangan ke muka tarik, sehingga $c_c = 20 mm$

$$\text{Sehingga: } s = 380 \cdot \left(\frac{280}{266,67} \right) - 2,5 \cdot 20 = 348,99mm$$

$$s_{\max} = 300 \cdot \left(\frac{280}{266,67} \right) = 315mm$$

Jarak antar tulangan dipakai = 150mm < 315 mm (OKE)

Kontrol Ketebalan Pelat Terhadap Geser

- Kontrol geser dua arah (pons) pada jarak $d/2$ dari muka kolom, $d = 95 \text{ mm}$.

Apabila lebar kolom = 750 mm , maka:

$$b_o = 4 \times (750\text{mm} + 95\text{mm}) = 3380 \text{ mm}$$

$$V_u = (l_y \cdot l_x - (b_{\text{kolom}} + d)^2) q_u$$

$$V_u = (3,65\text{m} \cdot 2,65\text{m} - (0,75\text{m} + 0,095\text{m})^2) 12,79\text{kN/m}^2$$

$$V_u = 114,58 \text{ kN}$$

Nilai V_c ditentukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 11.11.2.1

$$V_c = 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

Dimana: $\lambda = 1$ untuk beton normal berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 8.6.1

$$V_c = 0,33 \cdot 1,0 \cdot \sqrt{35} \cdot 3380\text{mm} \cdot 95\text{mm} = 626,88 \text{ kN}$$

$$\phi \cdot V_c = 0,75 \cdot 626,88\text{kN} = 470,16\text{kN}$$

$$V_u < \phi \cdot V_c \quad (\text{Memenuhi})$$

- Kontrol geser satu arah pada jarak d dari muka kolom

$$x = \frac{3650\text{mm}}{2} - \frac{750\text{mm}}{2} - 95\text{mm} = 1355\text{mm} = 1,355 \text{ m}$$

$$V_u = q_u \cdot b \cdot x = 12,79\text{kN/m}^2 \cdot 1\text{m} \cdot 1,355\text{m} = 17,57 \text{ kN}$$

Nilai V_c ditentukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 11.2.1.

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

Dimana: $\lambda = 1$ untuk beton normal berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 8.6.1

$$V_c = 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35\text{Mpa}} \cdot 1000\text{mm} \cdot 95\text{mm} = 94538,95\text{N}$$

$$\phi \cdot V_c = 0,75 \cdot 94538,95\text{N} = 70904,22\text{N} = 70,904 \text{ kN}$$

$$V_u < \phi \cdot V_c \quad (\text{Memenuhi})$$

2. Perhitungan Tulangan arah Ly (bentang panjang)

a. $M_{ty} = 6,89 \text{ kNm}$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{6890000 \text{ Nmm}}{0.9} = 7658000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{7658000 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot (85 \text{ mm})^2} = 1,059 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2(13,445) \cdot (1,059)}{400}} \right) = 0,0047$$

Cek Persyaratan:

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,00186 < 0,0047 < 0,0268 \text{ (Memenuhi)}$$

Maka : $A_s \text{ perlu} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$

$$A_s \text{ perlu} = 0,0047 \times 1000 \text{ mm} \times 85 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ perlu} = 395,75 \text{ mm}^2$$

Kontrol Jarak Tulangan

$$S_{\max} \leq 2h$$

$$S_{\max} \leq 2 \cdot (120 \text{ mm}) = 240 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan D10, sehingga jarak antar tulangan:

$$S = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_s \text{ perlu}}$$

$$S = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{395,75 \text{ mm}^2} = 198,46 \text{ mm}$$

Karena $S < S_{\max}$ maka digunakan $S_{\text{pakai}} = 150 \text{ mm}$

Jadi digunakan tulangan D10-150mm,

$$As_{pakai} = 523,6 \text{ mm}^2 > 395,75 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Cek Kapasitas Penampang

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b} = \frac{523,6 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 1000 \text{ mm}} = 7,04 \text{ mm}$$

$$\phi Mn = \phi \cdot As \cdot fy \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 0,9 \cdot 523,6 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \left(85 \text{ mm} - \frac{7,04 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 15,36 \text{ kNm} > Mu = 6,89 \text{ kNm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Cek Jarak Tulangan Terhadap Kontrol Retak

Pengecekan jarak tulangan terhadap kontrol retak dilakukan berdasarkan Sni 03-2847-2013 pasal 10.6.4.

$$\text{Syarat: } s = 380 \cdot \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5 \cdot c_c \text{ dan tidak melebihi}$$

$$s_{\max} = 300 \cdot \left(\frac{280}{f_s} \right)$$

$$f_s = \frac{2}{3} \cdot fy = \frac{2}{3} \cdot 400 \text{ Mpa} = 266,67 \text{ Mpa}$$

Dengan c_c merupakan jarak terkecil dari permukaan tulangan ke muka tarik, sehingga $c_c = 20 \text{ mm}$

$$\text{Sehingga: } s = 380 \cdot \left(\frac{280}{266,67} \right) - 2,5 \cdot 20 = 348,99 \text{ mm}$$

$$s_{\max} = 300 \cdot \left(\frac{280}{266,67} \right) = 315 \text{ mm}$$

Jarak antar tulangan dipakai = 150 mm < 315 mm (OKE)

Kontrol Ketebalan Pelat Terhadap Geser

- Kontrol geser dua arah (pons) pada jarak $d/2$ dari muka kolom, $d = 85 \text{ mm}$.

Apabila lebar kolom = 750 mm , maka:

$$b_o = 4 \times (750\text{mm} + 85\text{mm}) = 3340 \text{ mm}$$

$$V_u = (l_y \cdot l_x - (b_{\text{kolom}} + d)^2) q_u$$

$$V_u = (3,65\text{m} \cdot 2,65\text{m} - (0,75\text{m} + 0,085\text{m})^2) \cdot 12,79\text{kN/m}^2$$

$$V_u = 114,79 \text{ kN}$$

Nilai V_c ditentukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 11.11.2.1

$$V_c = 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

Dimana: $\lambda = 1$ untuk beton normal berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 8.6.1

$$V_c = 0,33 \cdot 1,0 \cdot \sqrt{35} \cdot 3340\text{mm} \cdot 85\text{mm} = 554,26 \text{ kN}$$

$$\phi \cdot V_c = 0,75 \cdot 554,26\text{kN} = 415,69\text{kN}$$

$$V_u < \phi \cdot V_c \quad (\text{Memenuhi})$$

- Kontrol geser satu arah pada jarak d dari muka kolom

$$x = \frac{3650\text{mm}}{2} - \frac{750\text{mm}}{2} - 85\text{mm} = 1365\text{mm} = 1,365 \text{ m}$$

$$V_u = q_u \cdot b \cdot x = 12,79\text{kN/m}^2 \cdot 1\text{m} \cdot 1,365\text{m} = 17,46 \text{ kN}$$

Nilai V_c ditentukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 11.2.1.

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

Dimana: $\lambda = 1$ untuk beton normal berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 8.6.1

$$V_c = 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35\text{Mpa}} \cdot 1000\text{mm} \cdot 85\text{mm} = 85487,35\text{N}$$

$$\phi \cdot V_c = 0,75 \cdot 85487,35\text{N} = 641,16 \text{ kN}$$

$$V_u < \phi \cdot V_c \quad (\text{Memenuhi})$$

b. $Mly = 3,45kN.m$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{3450000Nmm}{0.9} = 3833000Nmm$$

$$Rn = \frac{Mn}{b.d^2} = \frac{3833000Nmm}{1000mm.(85mm)^2} = 0,531N/mm^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2m.Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2(13,445).(0,531)}{400}} \right) = 0,0023$$

Cek Persyaratan:

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,00186 < 0,0023 < 0,0268 \quad (\text{Memenuhi})$$

Maka : $As_{\text{perlu}} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$

$$As_{\text{perlu}} = 0,0023 \times 1000mm \times 85mm$$

$$As_{\text{perlu}} = 194,89 \text{ mm}^2$$

Kontrol Jarak Tulangan

$$S_{\max} \leq 2h$$

$$S_{\max} \leq 2.(120mm) = 240mm$$

Dipakai tulangan D10, sehingga jarak antar tulangan:

$$S = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{As_{\text{perlu}}}$$

$$S = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10mm)^2 \cdot 1000mm}{194,89 \text{ mm}^2} = 402,9mm$$

Karena $S < S_{\max}$ maka digunakan $S_{\text{pakai}} = 150mm$

Jadi digunakan tulangan D10-150mm,
 $As_{pakai} = 523,6mm^2 > 194,89 mm^2$ (Memenuhi)

Cek Kapasitas Penampang

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b} = \frac{392,7mm^2 \cdot 400Mpa}{0,85 \cdot 35Mpa \cdot 1000mm} = 5,28mm$$

$$\phi Mn = \phi \cdot As \cdot fy \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 0,9 \cdot 392,7mm^2 \cdot 400Mpa \left(85mm - \frac{5,28mm}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 11,64kNm > Mu = 3,45kNm \quad (\text{Memenuhi})$$

Cek Jarak Tulangan Terhadap Kontrol Retak

Pengecekan jarak tulangan terhadap kontrol retak dilakukan berdasarkan Sni 03-2847-2013 pasal 10.6.4.

$$\text{Syarat: } s = 380 \cdot \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5 \cdot c_c \text{ dan tidak melebihi}$$

$$s_{\max} = 300 \cdot \left(\frac{280}{f_s} \right)$$

$$f_s = \frac{2}{3} \cdot fy = \frac{2}{3} \cdot 400Mpa = 266,67Mpa$$

Dengan c_c merupakan jarak terkecil dari permukaan tulangan ke muka tarik, sehingga $c_c = 20 mm$

$$\text{Sehingga: } s = 380 \cdot \left(\frac{280}{266,67} \right) - 2,5 \cdot 20 = 348,99mm$$

$$s_{\max} = 300 \cdot \left(\frac{280}{266,67} \right) = 315mm$$

Jarak antar tulangan dipakai = 200mm < 315 mm (OKE)

Kontrol Ketebalan Pelat Terhadap Geser

- Kontrol geser dua arah (pons) pada jarak $d/2$ dari muka kolom, $d = 85$ mm.

Apabila lebar kolom = 750 mm, maka:

$$b_o = 4 \times (750\text{mm} + 85\text{mm}) = 3340 \text{ mm}$$

$$V_u = (l_y \cdot l_x - (b_{\text{kolom}} + d)^2) q_u$$

$$V_u = (3,65\text{m} \cdot 2,65\text{m} - (0,75\text{m} + 0,085\text{m})^2) 12,79\text{kN/m}^2$$

$$V_u = 114,79 \text{ kN}$$

Nilai V_c ditentukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 11.11.2.1

$$V_c = 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

Dimana: $\lambda = 1$ untuk beton normal berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 8.6.1

$$V_c = 0,33 \cdot 1,0 \cdot \sqrt{35} \cdot 3340\text{mm} \cdot 85\text{mm} = 554,26 \text{ kN}$$

$$\phi \cdot V_c = 0,75 \cdot 554,26\text{kN} = 415,69\text{kN}$$

$$V_u < \phi \cdot V_c \quad (\text{Memenuhi})$$

- Kontrol geser satu arah pada jarak d dari muka kolom

$$x = \frac{3650\text{mm}}{2} - \frac{750\text{mm}}{2} - 85\text{mm} = 1365\text{mm} = 1,365 \text{ m}$$

$$V_u = q_u \cdot b \cdot x = 12,79\text{kN/m}^2 \cdot 1\text{m} \cdot 1,365\text{m} = 17,46 \text{ kN}$$

Nilai V_c ditentukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 11.2.1.

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

Dimana: $\lambda = 1$ untuk beton normal berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 8.6.1

$$V_c = 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35\text{Mpa}} \cdot 1000\text{mm} \cdot 85\text{mm} = 85487,35\text{N}$$

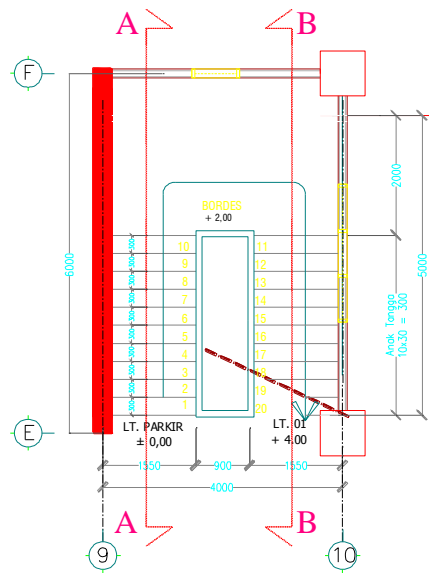
$$\phi \cdot V_c = 0,75 \cdot 85487,35\text{N} = 641,16 \text{ kN}$$

$$V_u < \phi \cdot V_c \quad (\text{Memenuhi})$$

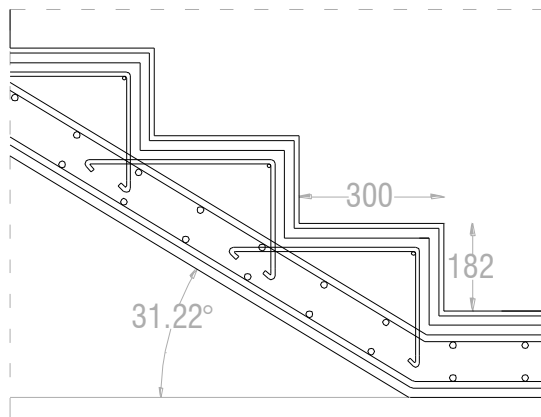
Tabel 6. 2 Hasil Perhitungan Kebutuhan Tulangan P1

	Arah Lx		Arah Ly	
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Tebal pelat (mm)	120	120	120	120
Mu (kN.m)	12,332	4,97	6,89	3,45
d (mm)	95	95	85	85
p_{min}	0,00186	0,00186	0,00186	0,00186
p	0,0039	0,0027	0,0047	0,0023
p pakai	0,0039	0,0027	0,0047	0,0023
As perlu (mm ²)	370,29	252,11	395,75	194,89
As pakai (mm ²)	523,6	523,6	523,6	523,6
Tulangan dipakai	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150
Cek jarak tul. (< 240mm)	OKE	OKE	OKE	OKE
Cek retak (< 315mm)	OKE	OKE	OKE	OKE
Cek geser ($V_u < \phi V_c$)	OKE	OKE	OKE	OKE

- Tebal pelat tangga : 150 mm
Tebal pelat bordes : 150 mm
Lebar Injakan (i) : 30 cm
Tinggi Injakan (t) : 18,18 cm



Gambar 6. 4 Denah Tangga



Gambar 6. 5 Dimensi Injakan dan Tanjakan Anak Tangga

6.1.2.2 Pembebanan Tangga

Pelat tangga dan pelat bordes menerima kombinasi beban ultimate dari beban mati dan beban hidup.

a. Pembebanan Pelat Tangga

1) Beban pelat tangga lantai basement

Beban mati (sesuai ASCE7-2002 Table C3-1):

Berat pelat (15 cm) = 3,54 kN/m²

Berat anak tangga = 0,078 m x 23,6 kN/m³

= 1,84 kN/m²

Berat keramik dan spesi = 1,1 kN/m² +

Total beban mati pelat (q DL) = 6,48 kN/m²

2) Beban hidup yang ditinjau :

Beban Hidup Tangga/Bordes = 4,79 kN/m²

3) Beban ultimate rencana

$$q_{ultimate} = 1,2.q_D + 1,6.q_L$$

$$q_{ultimate} = 1,2.(6,48 \text{ kN} / \text{m}^2) + 1,6.(4,79 \text{ kN} / \text{m}^2)$$

$$q_{ultimate} = 15,44 \text{ kN} / \text{m}^2$$

Beban ultimate pelat per 1m:

$$W_{ultimate} = q_{ultimate} \times 1 \text{ m}$$

$$W_{ultimate} = 15,44 \text{ kN} / \text{m}^2 \times 1 \text{ m} = 15,44 \text{ kN} / \text{m}$$

b. Pembebanan Pelat Bordes

1) Beban pelat bordes lantai basement

Beban mati (sesuai ASCE7-2002 Table C3-1):

Berat pelat (15 cm) = 3,54 kN/m²

Berat keramik dan spesi = 1,1 kN/m² +

Total beban mati pelat (q DL) = 4,64 kN/m²

2) Beban hidup yang ditinjau :

Beban Hidup Tangga/Bordes = 4,79 kN/m²

3) Beban ultimate rencana

$$q_{ultimate} = 1,2.q_D + 1,6.q_L$$

$$q_{ultimate} = 1,2.(4,64kN/m^2) + 1,6.(4,79kN/m^2)$$

$$q_{ultimate} = 13,23kN/m^2$$

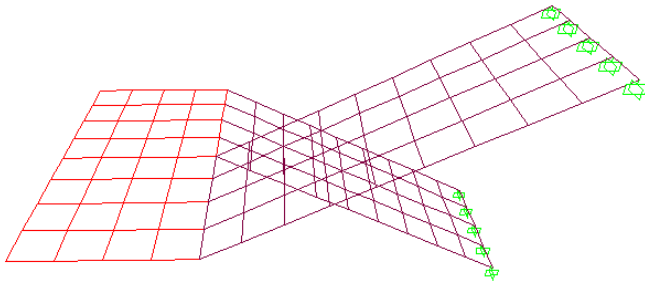
Beban ultimate pelat per 1m:

$$W_{ultimate} = q_{ultimate} \times 1m$$

$$W_{ultimate} = 13,23kN/m^2 \times 1m = 13,23kN/m$$

6.1.2.3 Permodelan dan Analisis Struktur Tangga

Untuk pelat tangga dan pelat bordes dimodelkan sebagai berikut menggunakan program bantu SAP 2000 v.14:



Gambar 6. 6 Permodelan Tangga pada SAP 2000 v.14

Dari analisa struktur menggunakan program bantu SAP 2000 v.14, didapatkan gaya-gaya dalam yang terjadi adalah sebagai berikut:

Pelat Tangga

Momen maksimum : 34,00 kN.m

Momen minimum :-30,75 kN.m

Pelat Bordes

Momen maksimum : 37,1 kN.m

Momen minimum :-35,46 kN.m

6.1.2.4 Perhitungan Penulangan Pelat Tangga Dan Bordes

Data Perencanaan:

Mutu beton (f_c')	= 35 Mpa
Mutu baja (f_y)	= 400 Mpa
β_1	= 0,8 (<i>SNI 2847, pasal 10.2.7.3</i>)
b	= 1000 mm = 1m
h	= 150 mm = 0,15 m
ρ_{susut}	= 0,0014 (<i>SNI 2847, Pasal 7.12.2.1</i>)
$D_{tul.lentur}$	= 13 mm = 0,013 m
decking	= 20 mm = 0,02 m

a. Penulangan Pelat Tangga

$$L_y = L_n = \frac{3m}{\cos 31,22^\circ} = 3,51 \text{ m}$$

$$L_x = S_n = 1,7 \text{ m}$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{3,51m}{1,7m} = 2,06 > 2 \text{ (pelat satu arah)}$$

Mencari rasio tulangan min dan max:

$$- m = \frac{f_y}{0,85.F_c} = \frac{400Mpa}{0,85.35Mpa} = 13,445$$

$$- \rho_b = \frac{0,85.F_c.\beta_1}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

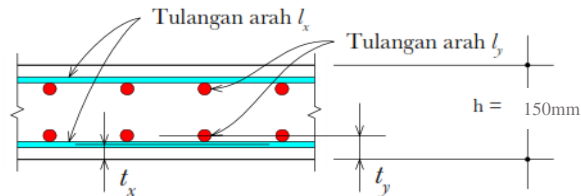
$$\rho_b = \frac{0,85.35Mpa.0,8}{400Mpa} \times \frac{600}{600 + 400} = 0,0357$$

Karena mutu tulangan yang dipakai adalah $f_y = 400 \text{ Mpa}$, maka perhitungan ρ_{\min} menggunakan interpolasi:

$$- \rho_{\min} = 0,002 - \frac{(350 - 400)}{(350 - 420)} \cdot (0,002 - 0,0018)$$

$$\rho_{\min} = 0,00186$$

- $\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b$ (SNI 2847:2013 Lampiran B.10.3.3)
 $\rho_{maks} = 0,75 \cdot 0,0357 = 0,0267$



- $d_x = t - \text{decking} - \frac{1}{2} \phi_{\text{tulangan}}$
 $= 150\text{ mm} - 20\text{ mm} - \frac{1}{2} 13\text{ mm}$
 $= 123.5\text{ mm}$

Dengan cara perhitungan seperti pada perhitungan kebutuhan tulangan pelat tipe 1 (P1) menggunakan program bantu Microsoft Excel, didapatkan kebutuhan tulangan sebagai berikut:

Tabel 6. 3 Hasil Perhitungan Kebutuhan Tulangan Pelat Tangga

	Arah L_x	
	Tumpuan	Lapangan
Tebal pelat (mm)	150	150
Mu (kN.m)	30,75	34,00
d (mm)	123.5	123.5
p_{\min}	0,00186	0,00186
p	0,0058	0,0065
p pakai	0,0058	0,0065
As perlu (mm ²)	719,84	799,53
As pakai (mm ²)	884,88	884,88
Tulangan dipakai	D13-150	D13-150
Cek jarak tul. (<300mm)	OKE	OKE
Cek retak	OKE	OKE

(<315mm)		
Vu (kN)	11,967	11,967
ϕV_c (kN)	93,16	93,16
Cek geser (Vu < ϕV_c)	OKE	OKE

Untuk perhitungan tulangan susut berdasarkan SNI 03-2847-2013

Pasal 7.12.2.1, dimana: $\rho = 0,0014$

Sehingga $As' = 0,0014 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 123,5 \text{ mm} = 172,9 \text{ mm}^2$

Dipakai D10-200 dengan $As = 392,7 \text{ mm}^2$

b. Penulangan Pelat Bordes

$$L_y = L_n = 3,7 \text{ m}$$

$$L_x = S_n = 1,7 \text{ m}$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{3,7 \text{ m}}{1,7 \text{ m}} = 2,18 > 2 \text{ (pelat satu arah)}$$

Mencari rasio tulangan min dan max:

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot F_c} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,445$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot F_c \cdot \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 0,8}{400 \text{ Mpa}} \times \frac{600}{600 + 400} = 0,0357$$

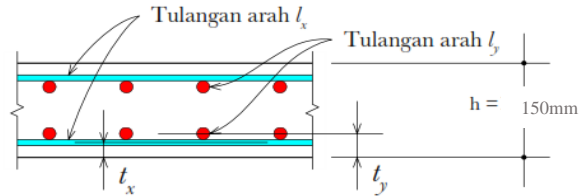
Karena mutu tulangan yang dipakai adalah $f_y = 400 \text{ Mpa}$, maka perhitungan ρ_{\min} menggunakan interpolasi:

$$\rho_{\min} = 0,002 - \frac{(350 - 400)}{(350 - 420)} \cdot (0,002 - 0,0018)$$

$$\rho_{\min} = 0,00186$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b \text{ (SNI 2847:2013 Lampiran B.10.3.3)}$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot 0,0357 = 0,0267$$



$$\begin{aligned} - d_x &= t - \text{decking} - \frac{1}{2} \varnothing \text{tulangan} \\ &= 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{1}{2} 13 \text{ mm} \\ &= 123.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dengan cara perhitungan seperti pada perhitungan kebutuhan tulangan pelat tipe 1 (P1) menggunakan program bantu Microsoft Excel, didapatkan kebutuhan tulangan sebagai berikut:

Tabel 6. Hasil Perhitungan Kebutuhan Tulangan Pelat Bordes

	Arah Lx	
	Tumpuan	Lapangan
Tebal pelat (mm)	150	150
Mu (kN.m)	35,46	37,1
d (mm)	123,5	123,5
p_{min}	0,00186	0,00186
p	0,0067	0,0071
p pakai	0,0067	0,0071
As perlu (mm ²)	835,6	876,25
As pakai (mm ²)	884,88	884,88
Tulangan dipakai	D13-150	D13-150
Cek jarak tul. (<300mm)	OKE	OKE
Cek retak (<315mm)	OKE	OKE
Vu (kN)	13,125	13,125
ϕVc (kN)	93,16	93,16

Cek geser ($V_u < \phi V_c$)	OKE	OKE
-----------------------------------	-----	-----

Untuk perhitungan tulangan susut berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 7.12.2.1, dimana: $\rho = 0,0014$

Sehingga $A_s' = 0,0014 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 123,5 \text{ mm} = 172,9 \text{ mm}^2$

Dipakai D10-200 dengan $A_s = 392,7 \text{ mm}^2$

6.1.3 Perhitungan Balok Penggantung Lift

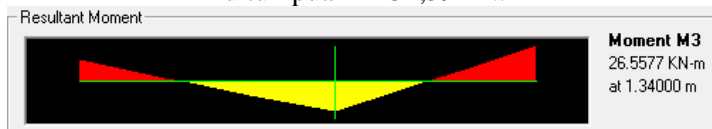
Direncanakan balok penggantung lift dengan data sebagai berikut:

Bentang (L)	= 2400 mm
Dimensi	= 300 x 400 mm
Cover (t)	= 40 mm
Mutu Beton f_c'	= 35 Mpa
Kuat Leleh Tul.Lentur	= 400 Mpa
Kuat Leleh Tul.Geser	= 400 Mpa
Tulangan lentur	= D19
Tulangan geser	= D10
Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ)	= 0,9
<i>(SNI 2847-2013 pasal 9.3.2.1)</i>	
Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ)	= 0,75
<i>(SNI 2847-2013 pasal 9.3.2.3)</i>	

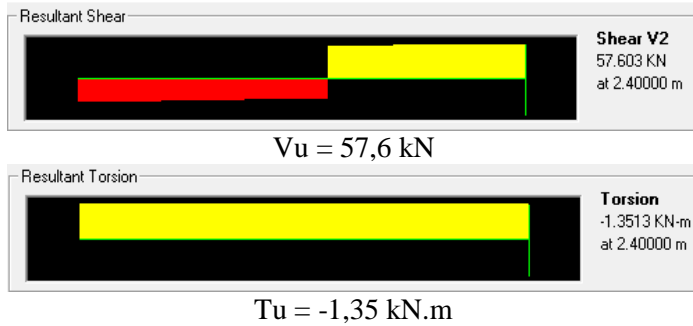
Dari hasil perhitungan pembebanan pada program bantu SAP 2000 v.14, dengan kombinasi 1,2D + 1,6L didapatkan gaya-gaya sebagai berikut:



Mu tumpuan = -32,59 kN.m



Mu lapangan = 26,56 kN.m



Mencari rasio tulangan min dan max:

Untuk $f_c' = 35 \text{ Mpa}$, maka:

$$\beta_1 = 0,85 - \left(\frac{28 - 35}{28 - 35} \right) \cdot (0,85 - 0,8) = 0,8$$

$$d = h - t_{se \text{ limut}} - D - \frac{\text{Senggang}}{2}$$

$$d = 400 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 19 \text{ mm} - \frac{10 \text{ mm}}{2} = 336 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,445$$

$$p_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \text{ Mpa}} = 0,0035$$

$$p_{\max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$p_{\max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \cdot \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$p_{\max} = 0,0268$$

a. Perhitungan Tulangan Tumpuan

$$M_{tx} = -32,59 \text{ kN.m} = 32590000 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{32590000 \text{ Nmm}}{0.9} = 36211111,11 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{50355555,56 \text{ N.mm}}{300 \text{ mm} \cdot (336 \text{ mm})^2} = 1,07 \text{ N/mm}^2$$

$$p = \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$p = \frac{1}{13,445} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,445 \cdot 1,07 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$p = 0,003$$

Cek Persyaratan:

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 > 0,003 < 0,0268$$

Karena $\rho < \rho_{\min}$, maka dipakai ρ_{\min}

Maka : As perlu = $\rho_{\min} \times b \times d$

$$\text{As perlu} = 0,0035 \times 300 \text{ mm} \times 336 \text{ mm}$$

$$\text{As perlu} = 352,8 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai 3-D19 \rightarrow As pakai = $850,58 \text{ mm}^2$

Cek apakah penampang *tension-controlled*

$$a = \frac{As \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{850,58 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 35 \text{ Mpa} \times 300 \text{ mm}} = 38,12 \text{ mm}$$

Syarat:

$$\frac{a}{d} < 0,375 \cdot \beta_1, \text{ dimana:}$$

$$\frac{a}{d} = \frac{38,12}{336} = 0,11 \text{ dan } 0,375 \cdot \beta_1 = 0,375 \times 0,8 = 0,3$$

Karena memenuhi syarat $\frac{a}{d} < 0,375 \cdot \beta_1$, maka desain tulangan *under-reinforced*.

Cek jarak antar tulangan:

$$s = \frac{b - 2 \cdot t - 2 \cdot \text{sengkan} - (n \times D.\text{lentur})}{n - 1}$$

$$s = \frac{300\text{mm} - 2 \cdot 40\text{mm} - 2 \cdot 10\text{mm} - (3 \times 19\text{mm})}{2 - 1}$$

$$s = 162 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

b. Perhitungan Tulangan Lapangan

$$M_{lx} = 26,6 \text{ kN.m} = 26600000 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{26600000 \text{ Nmm}}{0,9} = 29500000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{29500000 \text{ N.mm}}{300\text{mm} \cdot (336\text{mm})^2} = 0,87 \text{ N/mm}^2$$

$$p = \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$p = \frac{1}{13,445} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,445 \cdot 0,87 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$p = 0,002$$

Cek Persyaratan:

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 > 0,002 < 0,0268 \quad (\text{Tidak Memenuhi})$$

Karena $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$, maka dipakai ρ_{\min}

Maka : As perlu = $\rho \times b \times d$

$$\text{As perlu} = 0,0035 \times 300\text{mm} \times 336\text{mm}$$

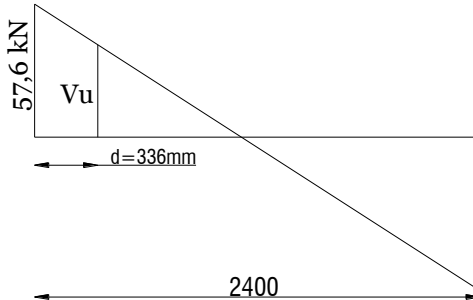
$$\text{As perlu} = 352,8 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai 2-D19 \rightarrow As pakai = 567,05 mm²

c. Perhitungan Tulangan Geser

Gaya geser yang dipakai dalam perhitungan adalah gaya geser terfaktor, **Vu** sejarak **d** dari muka tumpuan sesuai

SNI 03-2847-2013 Pasal 11.1.3.1.



Gambar 6. 7 Diagram Gaya Geser Balok Penggantung Lift

$$Vu' = \frac{Vu}{\frac{2400mm}{2}} \cdot \left(\frac{2400mm}{2} - d \right)$$

$$Vu' = \frac{57,6kN}{1200mm} \cdot (1200mm - 336mm) = 41,47 \text{ kN}$$

Kuat Geser Beton

$$Vc = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d \quad (\text{SNI 2847-2013 pasal 11.2.1.1})$$

Dimana:

$$\lambda = 1 \text{ untuk beton normal} \quad (\text{SNI 2847-2013 pasal 8.6.1})$$

$$Vc = 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35Mpa} \cdot 300mm \cdot 336mm = 101377,94N$$

$$\phi \cdot Vc = 0,75 \cdot 101377,94N = 76033,46N = 76,033 \text{ kN}$$

$$0,5 \cdot \phi \cdot Vc = 0,5 \cdot 76033,46N = 38016,73N = 38,07 \text{ kN}$$

Kuat Geser Tulangan Geser

$$Vs_{\min} = 0,33 \cdot bw \cdot d \quad (\text{SNI 2847-2013 pasal 11.4.5.3})$$

$$Vs_{\min} = 0,33 \cdot 300 \cdot 336 = 33600 \text{ N} = 33,6 \text{ kN}$$

Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$$

$$41,47 \text{ kN} > 38,07 \text{ kN} \quad (\text{Tidak Memenuhi})$$

Kondisi 2

$$0,5 \cdot \phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi \cdot V_c$$

$$38,07 \text{ kN} \leq 41,47 \text{ kN} \leq 76,033 \text{ kN} \quad (\text{Memenuhi})$$

Karena termasuk dalam kondisi 2, maka perlu tulangan geser minimum.

Jika digunakan sengkang 2 kaki D10

$$A_v = 2 \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \right) = 157,07 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{157,07 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot 336 \text{ mm}}{33600 \text{ N}}$$

$$s = 628,28 \text{ mm}^2$$

$$\text{Diambil } s = 150 \text{ mm}^2$$

Kontrol Spasi Tulangan Geser

$$S_{\max} \leq d/2 \quad (\text{SNI 2847:2013 Pasal 21.3.4.2})$$

$$150 \text{ mm} \leq 336/2 = 168 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

$$S_{\max} \leq 300$$

$$150 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Maka dipakai sengkang D10 – 150 mm

d. Perhitungan Penulangan Torsi

1. Periksa kecukupan penampang menahan momen torsi terfaktor berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.5.3.1:

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d} \right)^2 + \left(\frac{T_u p_h}{1,7 A_{oh}^2} \right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w d} + 0,66 \sqrt{f'c} \right)$$

Dimana:

$$T_u = 1350000 \text{ Nmm}$$

$$V_u = 57600 \text{ N}$$

$$b_h = b - 2 \times t - \phi_{\text{senggang}} = 300 - 2 \times 40 - 10 = 210 \text{ mm}$$

$$h_h = h - 2 \times t - \phi_{\text{senggang}} = 400 - 2 \times 40 - 10 = 310 \text{ mm}$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang:

$$p_h = 2 \times (b_h + h_h) = 2 \times (210 + 310) = 1040 \text{ mm}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang:

$$A_{oh} = b_h \times h_h = 210 \times 310 = 65100 \text{ mm}^2$$

$$V_c = 0,17 \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d = 0,17 \cdot \sqrt{35} \cdot 300 \cdot 336 = 101377,94 \text{ N}$$

Torsi maksimum beton non-prategang:

$$Tu = \phi \cdot \frac{\sqrt{f_c'}}{3} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$Tu = 0,75 \cdot \frac{\sqrt{35}}{3} \cdot \left(\frac{120000^2}{1400} \right) = 15212776,59 \text{ Nmm}$$

Torsi minimum:

$$Tu_{\min} = \phi \cdot 0,083 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

Dimana:

A_{cp} = Luas penampang keseluruhan

P_{cp} = Keliling penampang keseluruhan

$\lambda = 1$ (beton normal) SNI 2847-2013 pasal 8.6.1

$\phi = 0,75$ (faktor reduksi beban torsi)

Periksa persyaratan pengaruh momen puntir:

$$A_{cp} = b \times h = 300 \text{ mm} \times 400 \text{ mm} = 120000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2 \times (b + h) = 2 \times (300 \text{ mm} + 400 \text{ mm}) = 1400 \text{ mm}$$

$$Tu_{\min} = 0,75 \cdot 0,083 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot \left(\frac{120000^2}{1400} \right) = 3787981,37 \text{ N.mm}$$

Karena nilai T_u terjadi $< T_{u \min}$, maka dipakai T_u pakai = 3787981,37 Nmm

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1,7 A_{oh}^2}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{57600}{300.336}\right)^2 + \left(\frac{3787981,37 \times 1040}{1,7 \cdot (65100)^2}\right)^2} = 0,791 \text{ Mpa}$$

$$\phi \left(\frac{V_c}{b_w d} + 0,66 \sqrt{f'c} \right) = 0,75 \cdot \left(\frac{101377,94}{300.336} + 0,66 \sqrt{35} \right) = 3,668 \text{ Mpa}$$

Cek kecukupan penampang menahan torsi terfaktor:

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1,7 A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w d} + 0,66 \sqrt{f'c} \right) \rightarrow (\text{Memenuhi})$$

2. Periksa persyaratan Pengaruh puntir berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.5.1, yaitu pengaruh puntir dapat diabaikan jika :

$$T_u < T_{u \min}$$

$$T_u < \phi \cdot 0,083 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$T_u < T_{u \min} \text{ (Dipasang Tulangan Torsi Minimum)}$$

3. Perhitungan Tulangan Transversal Penahan Torsi
Dalam menghitung penulangan transversal penahan torsi, nilai A_o dapat diambil sama dengan $0,85 \cdot A_{oh}$ dan nilai $\Theta = 45^\circ$
(SNI 2847-2013 pasal 11.5.3.6)

$$A_o = 0,85 \cdot A_{oh} = 0,85 \times 65100 = 55335 \text{ mm}^2$$

$$T_n = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_T \cdot f_y t}{s} \cdot \cot \theta$$

$$\frac{T_u}{\phi} = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_T \cdot f_y t}{s} \cdot \cot \theta$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_u}{\phi \cdot 2 \cdot A_o \cdot f_{yt} \cdot \cot \theta}$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{1350000}{0,75 \cdot 2 \cdot 55335 \cdot 400 \cdot \cot 45^\circ} = 0,114 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Kebutuhan tulangan sengkang sebelum torsi:

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_{yv} \cdot d} = \frac{33600}{400 \cdot 336} = 0,25 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Kebutuhan tulangan sengkang setelah torsi:

$$\frac{A_{vt}}{s} = \frac{A_v}{s} + 2 \frac{A_t}{s} = 0,25 + 2(0,114) = 0,478 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Tulangan sengkang terpasang **2kaki D10 – 150 mm**:

$$\frac{A_{v \text{ pakai}}}{s} = \frac{2 \times 0,25 \times \pi \times 10^2}{150} = 1,047 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$\text{Karena } \frac{A_{v \text{ pakai}}}{s} > \frac{A_{vt}}{s},$$

maka tulangan sengkang terpasang sudah cukup untuk menahan torsi terjadi yaitu **2kaki D10 – 150 mm**.

4. Perhitungan Tulangan Longitudinal Penahan Torsi
Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.5.3.7 tulangan torsi lentur dihitung dengan rumus:

$$A_\lambda = \frac{A_t}{s} \cdot p_h \cdot \left(\frac{f_{yv}}{f_{yt}} \right) \cdot \cot^2 \theta$$

Sehingga,

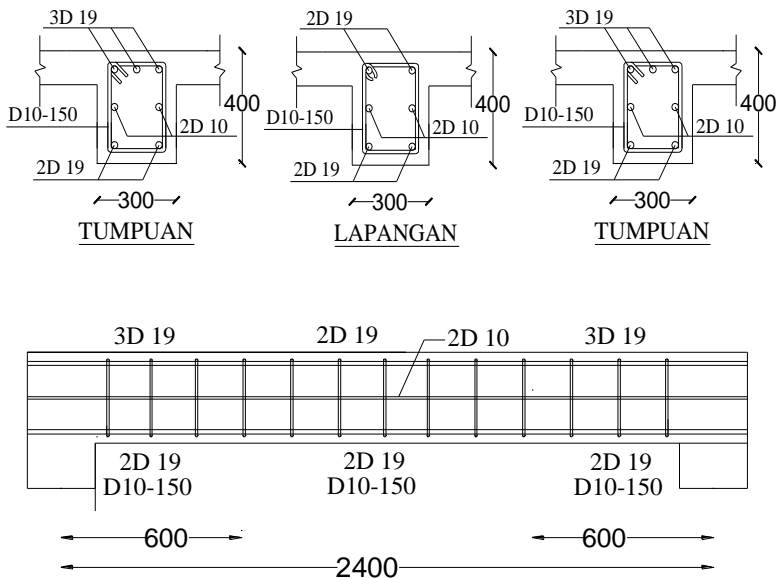
$$A_\lambda = 0,114 \cdot 1040 \cdot \left(\frac{400}{400} \right) \cdot 1 = 118,66 \text{ mm}^2$$

Untuk mendistribusikan A_λ secara sama, diasumsikan $1/4 A_\lambda$ ditempatkan di dua sudut teratas dan $1/4 A_\lambda$ di dua sudut terbawah untuk ditambahkan pada batang tulangan lentur. Penyeimbangannya, $1/2 A_\lambda$ didistribusikan secara sama pada

muka-muka vertikal irisan penampang web balok dengan spasi pusat ke pusat tidak melebihi 300 mm.

$$\frac{A\lambda}{4} = 29,66 \text{ mm}^2$$

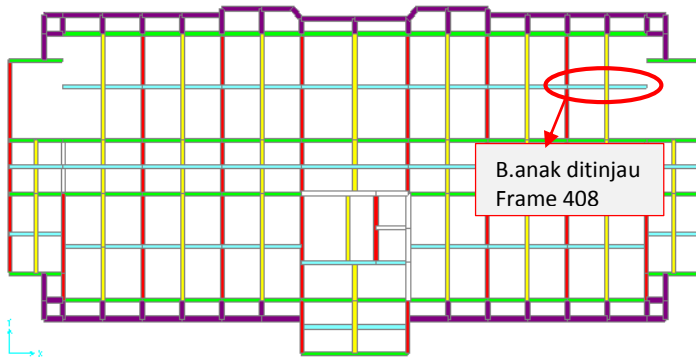
Digunakan batang 2D10 mm = 157,08 mm² , di pasang pada sisi samping kiri dan kanan penampang web balok sepanjang tumpuan maupun lapangan.



Gambar 6. 8 Penulangan Balok Penggantung Lift

6.1.4 Perhitungan Balok Anak

Pada perhitungan penulangan balok anak, balok yang ditinjau adalah balok yang mengalami momen terbesar dari hasil perhitungan SAP 2000 v.14.



Gambar 6. 9 Balok anak yang ditinjau

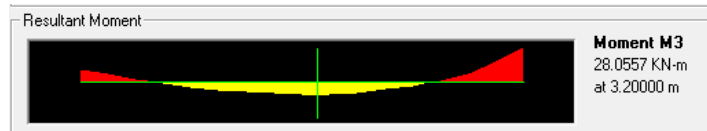
Direncanakan balok anak dengan data sebagai berikut:

Bentang (L)	= 6000 mm
Dimensi	= 300 x 400 mm
Cover (t)	= 40 mm
Mutu Beton f_c'	= 35 Mpa
Kuat Leleh Tul.Lentur	= 400 Mpa
Kuat Leleh Tul.Geser	= 400 Mpa
Tulangan lentur	= D19
Tulangan geser	= D10
Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ)	= 0,9
(SNI 2847-2013 pasal 9.3.2.1)	
Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ)	= 0,75
(SNI 2847-2013 pasal 9.3.2.3)	

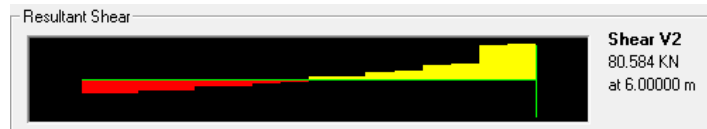
Dari hasil perhitungan pembebanan pada program bantu SAP 2000 v.14 dengan kombinasi pembebanan 1,2D + 1,6L, didapatkan gaya-gaya sebagai berikut:



Mu tumpuan = -78,57 kN.m



Mu lapangan = 28,1 kN.m



Vu = 80,58 kN



Tu = 0,56 kNm

Mencari rasio tulangan min dan max:

Untuk $f_c' = 35\text{Mpa}$, maka:

$$\beta_1 = 0,85 - \left(\frac{28 - 35}{28 - 35} \right) \cdot (0,85 - 0,8) = 0,8$$

$$d = h - t_{selimut} - D - \frac{\text{Senggang}}{2}$$

$$d = 400\text{mm} - 40\text{mm} - 19\text{mm} - \frac{10\text{mm}}{2} = 336\text{mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{400\text{Mpa}}{0,85 \cdot 35\text{Mpa}} = 13,445$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \text{ Mpa}} = 0,0035$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \cdot \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$\rho_{\max} = 0,0268$$

a. Perhitungan Tulangan Tumpuan

$$M_{tx} = -78,6 \text{ kN.m} = -78600000 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{78600000 \text{ Nmm}}{0,9} = 87300000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{87300000 \text{ N.mm}}{300 \text{ mm} \cdot (336 \text{ mm})^2} = 2,58 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,445} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,445 \cdot 2,58 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$\rho = 0,007$$

Cek Persyaratan:

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,007 < 0,0268 \quad (\text{Memenuhi})$$

$$\text{Maka : } A_s \text{ perlu} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$$

$$A_s \text{ perlu} = 0,007 \times 300 \text{ mm} \times 336 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ perlu} = 680,432 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka dipakai 4-D19} \rightarrow A_s \text{ pakai} = 1134,12 \text{ mm}^2$$

Cek apakah penampang *tension-controlled*

$$a = \frac{As \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1134,12 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 35 \text{ Mpa} \times 300 \text{ mm}} = 50,83 \text{ mm}$$

Syarat:

$$\frac{a}{d} < 0,375 \cdot \beta_1, \text{ dimana:}$$

$$\frac{a}{d} = \frac{50,83}{336} = 0,151 \text{ dan } 0,375 \cdot \beta_1 = 0,375 \times 0,8 = 0,3$$

Karena memenuhi syarat $\frac{a}{d} < 0,375 \cdot \beta_1$, maka desain tulangan *under-reinforced*.

Cek jarak antar tulangan:

$$s = \frac{b - 2 \cdot t - 2 \cdot \text{senggang} - (n \times D.lentur)}{n - 1}$$

$$s = \frac{300 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 2 \cdot 10 \text{ mm} - (4 \times 19 \text{ mm})}{4 - 1}$$

$$s = 41,33 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

b. Perhitungan Tulangan Lapangan

$$M_{lx} = 28,1 \text{ kN.m} = 28100000 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{28100000 \text{ Nmm}}{0,9} = 29100000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{29100000 \text{ N.mm}}{300 \text{ mm} \cdot (336 \text{ mm})^2} = 0,92 \text{ N/mm}^2$$

$$p = \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$p = \frac{1}{13,445} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,445 \cdot 0,92 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$p = 0,002$$

Cek Persyaratan:

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 > 0,002 < 0,0268 \quad (\text{Tidak Memenuhi})$$

Karena $\rho < \rho_{\min}$, maka dipakai ρ_{\min}

$$\text{Maka : As perlu} = \rho_{\min} \times b \times d$$

$$\text{As perlu} = 0,0035 \times 300\text{mm} \times 336\text{mm}$$

$$\text{As perlu} = 352,8 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka dipakai 2-D19} \rightarrow \text{As pakai} = 567,05 \text{ mm}^2$$

Cek jarak antar tulangan:

$$s = \frac{b - 2 \cdot t - 2 \cdot \text{senggang} - (n \times D.\text{lentur})}{n - 1}$$

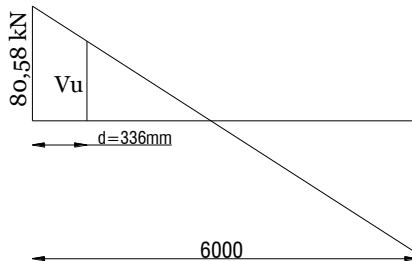
$$s = \frac{300\text{mm} - 2 \cdot 40\text{mm} - 2 \cdot 10\text{mm} - (2 \times 19\text{mm})}{2 - 1}$$

$$s = 162 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

c. Perhitungan Tulangan Geser

Gaya geser yang dipakai dalam perhitungan adalah gaya geser terfaktor, **V_u sejarak d** dari muka tumpuan sesuai

SNI 03-2847-2013 Pasal 11.1.3.1.



Gambar 6. 10 Diagram Gaya Geser Balok Penggantung Lift

$$Vu' = \frac{Vu}{\frac{6000\text{mm}}{2}} \cdot \left(\frac{6000\text{mm}}{2} - d \right)$$

$$V_u' = \frac{80,58 \text{ kN}}{3000 \text{ mm}} \cdot (3000 \text{ mm} - 336 \text{ mm}) = 71,56 \text{ kN}$$

Kuat Geser Beton

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \quad (\text{SNI 2847-2013 pasal 11.2.1.1})$$

Dimana:

$$\lambda = 1 \text{ untuk beton normal} \quad (\text{SNI 2847-2013 pasal 8.6.1})$$

$$V_c = 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 300 \text{ mm} \cdot 336 \text{ mm} = 101377,94 \text{ N}$$

$$\phi \cdot V_c = 0,75 \cdot 101377,94 \text{ N} = 76033,46 \text{ N} = 76,033 \text{ kN}$$

$$0,5 \cdot \phi \cdot V_c = 0,5 \cdot 76033,46 \text{ N} = 38016,73 \text{ N} = 38,07 \text{ kN}$$

Kuat Geser Tulangan Geser

$$V_{s_{\min}} = 0,33 \cdot b_w \cdot d \quad (\text{SNI 2847-2013 pasal 11.4.5.3})$$

$$V_{s_{\min}} = 0,33 \cdot 300 \cdot 336 = 33600 \text{ N} = 33,6 \text{ kN}$$

$$V_{s_{\max}} = 0,66 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \quad (\text{SNI 2847-2013 pasal 11.4.7.9})$$

$$V_{s_{\max}} = 0,66 \cdot \sqrt{35} \cdot 300 \cdot 336 = 397560,56 \text{ N} = 397,56 \text{ kN}$$

Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$$

$$71,56 \text{ kN} > 38,07 \text{ kN} \quad (\text{Tidak Memenuhi})$$

Kondisi 2

$$0,5 \cdot \phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi \cdot V_c$$

$$38,07 \text{ kN} \leq 71,56 \text{ kN} \leq 76,033 \text{ kN} \quad (\text{Memenuhi})$$

Karena termasuk dalam kondisi 2, maka perlu tulangan geser minimum.

$$V_{s_{\min}} = 0,33 \cdot b_w \cdot d \quad (\text{SNI 2847-2013 pasal 11.4.5.3})$$

$$V_{s_{\min}} = 0,33 \cdot 300 \cdot 336 = 33600 \text{ N} = 33,6 \text{ kN}$$

Jika digunakan sengkang 2 kaki D10

$$A_v = 2 \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10\text{mm})^2 \right) = 157,07 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{157,07 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot 336 \text{ mm}}{33600 \text{ N}}$$

$$s = 628,28 \text{ mm}^2$$

Diambil $s = 150 \text{ mm}^2$

Kontrol Spasi Tulangan Geser

$$S_{\max} \leq d/2 \quad (\text{SNI 2847:2013 Pasal 21.3.4.2})$$

$$150 \text{ mm} \leq 336/2 = 168 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

$$S_{\max} \leq 300$$

$$150 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Maka dipakai sengkang **D10 – 150 mm**

d. Perhitungan Penulangan Torsi

1. Periksa kecukupan penampang menahan momen torsi terfaktor berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.5.3.1:

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d} \right)^2 + \left(\frac{T_u p_h}{1,7 A_{oh}^2} \right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w d} + 0,66 \sqrt{f'c} \right)$$

Dimana:

$$T_u = 560000 \text{ Nmm}$$

$$V_u = 805800 \text{ N}$$

$$b_h = b - 2 \times t - \phi_{\text{sengkang}} = 300 - 2 \times 40 - 10 = 210 \text{ mm}$$

$$h_h = h - 2 \times t - \phi_{\text{sengkang}} = 400 - 2 \times 40 - 10 = 310 \text{ mm}$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang:

$$p_h = 2 \times (b_h + h_h) = 2 \times (210 + 310) = 1040 \text{ mm}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang:

$$A_{oh} = b_h \times h_h = 210 \times 310 = 65100 \text{ mm}^2$$

$$V_c = 0,17 \sqrt{f_c'} b_w d = 0,17 \sqrt{35} \cdot 300 \cdot 336 = 101377,94 \text{ N}$$

Torsi maksimum beton non-prategang:

$$Tu = \phi \cdot \frac{\sqrt{f_c'}}{3} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$Tu = 0,75 \cdot \frac{\sqrt{35}}{3} \cdot \left(\frac{120000^2}{1400} \right) = 15212776,59 \text{ Nmm}$$

Torsi minimum:

A_{cp} = Luas penampang keseluruhan

P_{cp} = Keliling penampang keseluruhan

$\Lambda = 1$ (beton normal) SNI 2847-2013 pasal 8.6.1

$\phi = 0,75$ (faktor reduksi beban torsi)

Periksa persyaratan pengaruh momen puntir:

$$A_{cp} = b \times h = 300 \text{ mm} \times 400 \text{ mm} = 120000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2 \times (b + h) = 2 \times (300 \text{ mm} + 400 \text{ mm}) = 1400 \text{ mm}$$

$$Tu_{\min} = \phi \cdot 0,083 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$Tu_{\min} = 0,75 \cdot 0,083 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot \left(\frac{120000^2}{1400} \right) = 3787981,37 \text{ N.mm}$$

Karena nilai Tu terjadi $< Tu_{\min}$, maka dipakai Tu pakai = 3787981,37 Nmm

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1,7 \cdot A_{oh}^2}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{805800}{300.336}\right)^2 + \left(\frac{3787981,37 \times 1040}{1,7 \cdot (65100)^2}\right)^2} = 0,969 \text{ Mpa}$$

$$\phi \left(\frac{V_c}{b_w \cdot d} + 0,66 \sqrt{f'c} \right) = 0,75 \cdot \left(\frac{101377,94}{300.336} + 0,66 \sqrt{35} \right) = 3,668 \text{ Mpa}$$

Cek kecukupan penampang menahan torsi terfaktor:

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1,7 A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w d} + 0,66 \sqrt{f'c} \right) \rightarrow (\text{Memenuhi})$$

2. Periksa persyaratan Pengaruh puntir berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.5.1, yaitu pengaruh puntir dapat diabaikan jika :

$$Tu < Tu_{\min}$$

$$Tu < \phi \cdot 0,083 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$Tu < Tu_{\min} \text{ (Dipasang Tulangan Torsi Minimum)}$$

3. Perhitungan Tulangan Transversal Penahan Torsi

Dalam menghitung penulangan transversal penahan torsi, nilai A_o dapat diambil sama dengan $0,85 \cdot A_{oh}$ dan nilai $\Theta = 45^\circ$
(SNI 2847-2013 pasal 11.5.3.6)

$$A_o = 0,85 \cdot A_{oh} = 0,85 \times 65100 = 55335 \text{ mm}^2$$

$$T_n = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_T \cdot f_y t}{s} \cdot \cot \theta$$

$$\frac{Tu}{\phi} = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_T \cdot f_y t}{s} \cdot \cot \theta$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_u}{\phi \cdot 2 \cdot A_o \cdot f_y t \cdot \cot \theta}$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{3787981,37}{0,75 \cdot 2,55335 \cdot 400 \cdot \cot 45^\circ} = 0,114 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Kebutuhan tulangan sengkang sebelum torsi:

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_{yv} \cdot d} = \frac{33600}{400 \cdot 336} = 0,251 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Kebutuhan tulangan sengkang setelah torsi:

$$\frac{A_{vt}}{s} = \frac{A_v}{s} + 2 \frac{A_t}{s} = 0,251 + 2(0,114) = 0,478 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Tulangan sengkang terpasang sebelum torsi **2kaki D10 – 150**:

$$\frac{A_{v_{pakai}}}{s} = \frac{2 \times 0,25 \times \pi \times 10^2}{150} = 1,047 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Karena $\frac{A_{v_{pakai}}}{s} > \frac{A_{vt}}{s}$, maka tulangan sengkang terpasang

sudah cukup untuk menahan torsi.

Jadi tulangan sengkang terpasang setelah ditambah torsi menjadi **2kaki D10 – 150 mm**

4. Perhitungan Tulangan Longitudinal Penahan Torsi

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.5.3.7 tulangan torsi lentur dihitung dengan rumus:

$$A_\lambda = \frac{A_t}{s} \cdot p_h \cdot \left(\frac{f_{yv}}{f_{yt}} \right) \cdot \cot^2 \theta$$

Sehingga,

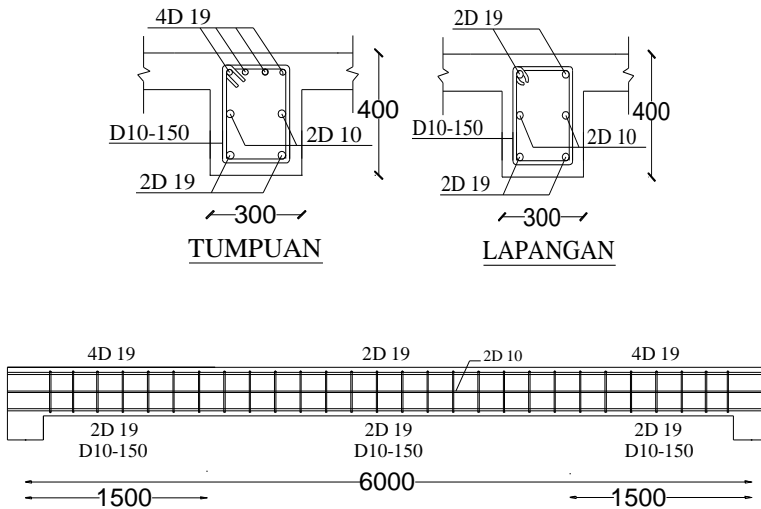
$$A_\lambda = 0,114 \cdot 1040 \cdot \left(\frac{400}{400} \right) \cdot 1 = 118,66 \text{ mm}^2$$

Untuk mendistribusikan A_λ secara sama, diasumsikan $1/4 A_\lambda$ ditempatkan di dua sudut teratas dan $1/4 A_\lambda$ di dua sudut terbawah untuk ditambahkan pada batang tulangan lentur. penyeimbangannya, $1/2 A_\lambda$ didistribusikan secara sama pada

muka-muka vertikal irisan penampang web balok dengan spasi pusat ke pusat tidak melebihi 300 mm.

$$\frac{A\lambda}{4} = 29,66 \text{ mm}^2$$

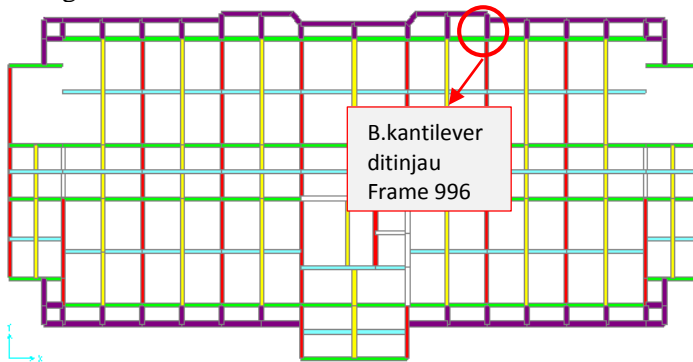
Digunakan batang 2D10 mm = 157,08 mm² , di pasang pada sisi samping kiri dan kanan penampang web balok sepanjang tumpuan maupun lapangan.



Gambar 6. 11 Penulangan Balok Anak 30/40

6.1.5 Perhitungan Balok Kantilever

Pada perhitungan penulangan balok kantilever, balok yang ditinjau adalah balok yang mengalami momen terbesar dari hasil perhitungan SAP 2000 v.14.

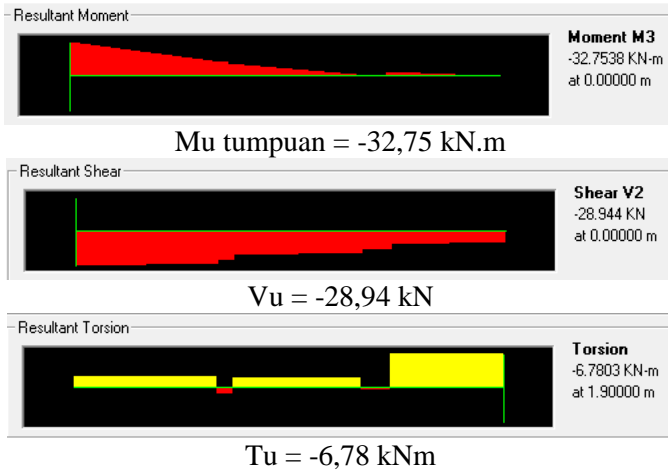


Gambar 6. 12 Balok kantilever yang ditinjau

Direncanakan balok anak dengan data sebagai berikut:

Bentang (L)	= 1900 mm
Dimensi	= 300 x 400 mm
Cover (t)	= 40 mm
Mutu Beton f_c'	= 35 Mpa
Kuat Leleh Tul.Lentur	= 400 Mpa
Kuat Leleh Tul.Geser	= 400 Mpa
Tulangan lentur	= D19
Tulangan geser	= D10
Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ)	= 0,9
<i>(SNI 2847-2013 pasal 9.3.2.1)</i>	
Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ)	= 0,75
<i>(SNI 2847-2013 pasal 9.3.2.3)</i>	

Dari hasil perhitungan pembebanan pada program bantu SAP 2000 v.14 dengan kombinasi pembebanan 1,2D + 1,6L, didapatkan gaya-gaya sebagai berikut:



Mencari rasio tulangan min dan max:

Untuk $f_c' = 35\text{Mpa}$, maka:

$$\beta_1 = 0,85 - \left(\frac{28 - 35}{28 - 35} \right) \cdot (0,85 - 0,8) = 0,8$$

$$d = h - t_{se\ lim\ ut} - D - \frac{Sengkang}{2}$$

$$d = 400\text{mm} - 40\text{mm} - 19\text{mm} - \frac{10\text{mm}}{2} = 336\text{mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{400\text{Mpa}}{0,85 \cdot 35\text{Mpa}} = 13,445$$

$$p_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400\text{Mpa}} = 0,0035$$

$$p_{\max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$p_{\max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \cdot \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$p_{\max} = 0,0268$$

a. Perhitungan Tulangan Tumpuan

$$M_{tx} = -32,75 \text{ kN.m} = -32750000 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{32750000 \text{ Nmm}}{0,9} = 36400000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{36400000 \text{ N.mm}}{300 \text{ mm} \cdot (336 \text{ mm})^2} = 1,07 \text{ N/mm}^2$$

$$p = \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$p = \frac{1}{13,445} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,445 \cdot 1,07 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$p = 0,003$$

Cek Persyaratan:

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 > 0,003 < 0,0268 \quad (\text{Tidak Memenuhi})$$

Karena $\rho < \rho_{\min}$, maka dipakai ρ_{\min}

Maka : As perlu = $\rho_{\min} \times b \times d$

$$\text{As perlu} = 0,0035 \times 300 \text{ mm} \times 336 \text{ mm}$$

$$\text{As perlu} = 352,8 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai 3-D19 \rightarrow As pakai = 850,59 mm²

Cek apakah penampang *tension-controlled*

$$a = \frac{As \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{850,59 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 35 \text{ Mpa} \times 300 \text{ mm}} = 38,12 \text{ mm}$$

Syarat:

$$\frac{a}{d} < 0,375 \cdot \beta_1, \text{dimana:}$$

$$\frac{a}{d} = \frac{38,12}{336} = 0,11 \text{ dan } 0,375 \cdot \beta_1 = 0,375 \times 0,8 = 0,3$$

Karena memenuhi syarat $\frac{a}{d} < 0,375 \cdot \beta_1$, maka desain tulangan *under-reinforced*.

Cek jarak antar tulangan:

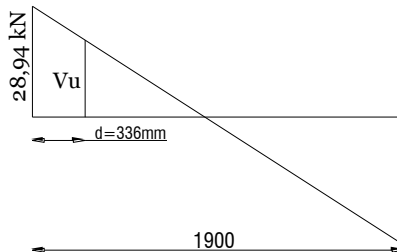
$$s = \frac{b - 2 \cdot t - 2 \cdot \text{sengkan} - (n \times D.\text{lentur})}{n - 1}$$

$$s = \frac{300\text{mm} - 2 \cdot 40\text{mm} - 2 \cdot 10\text{mm} - (3 \times 19\text{mm})}{3 - 1}$$

$$s = 71,5 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

b. Perhitungan Tulangan Geser

Gaya geser yang dipakai dalam perhitungan adalah gaya geser terfaktor, **Vu** sejarak **d** dari muka tumpuan sesuai **SNI 03-2847-2013 Pasal 11.1.3.1**.



Gambar 6. 13 Diagram Gaya Geser Balok Kantilever

$$Vu' = \frac{Vu}{\frac{1900\text{mm}}{2}} \cdot \left(\frac{1900\text{mm}}{2} - d \right)$$

$$V_u' = \frac{28,94 \text{ kN}}{950 \text{ mm}} \cdot (950 \text{ mm} - 336 \text{ mm}) = 18,7 \text{ kN}$$

Kuat Geser Beton

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \quad (\text{SNI 2847-2013 pasal 11.2.1.1})$$

Dimana:

$$\lambda = 1 \text{ untuk beton normal} \quad (\text{SNI 2847-2013 pasal 8.6.1})$$

$$V_c = 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 300 \text{ mm} \cdot 336 \text{ mm} = 101377,94 \text{ N}$$

$$\phi \cdot V_c = 0,75 \cdot 101377,94 \text{ N} = 76033,46 \text{ N} = 76,033 \text{ kN}$$

$$0,5 \cdot \phi \cdot V_c = 0,5 \cdot 76033,46 \text{ N} = 38016,73 \text{ N} = 38,07 \text{ kN}$$

Kuat Geser Tulangan Geser

$$V_{s_{\min}} = 0,33 \cdot b_w \cdot d \quad (\text{SNI 2847-2013 pasal 11.4.5.3})$$

$$V_{s_{\min}} = 0,33 \cdot 300 \cdot 336 = 33600 \text{ N} = 33,6 \text{ kN}$$

$$V_{s_{\max}} = 0,66 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \quad (\text{SNI 2847-2013 pasal 11.4.7.9})$$

$$V_{s_{\max}} = 0,66 \cdot \sqrt{35} \cdot 300 \cdot 336 = 397560,56 \text{ N} = 397,56 \text{ kN}$$

Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$$

$$18,7 \text{ kN} < 38,07 \text{ kN} \quad (\text{Memenuhi})$$

Karena termasuk dalam kondisi 1, maka tidak perlu tulangan geser.

$$V_{s_{\min}} = 0,33 \cdot b_w \cdot d \quad (\text{SNI 2847-2013 pasal 11.4.5.3})$$

$$V_{s_{\min}} = 0,33 \cdot 300 \cdot 336 = 33600 \text{ N} = 33,6 \text{ kN}$$

Jika digunakan sengkang 2 kaki D10

$$A_v = 2 \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \right) = 157,07 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{157,07 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot 336 \text{ mm}}{33600 \text{ N}}$$

$$s = 628,28 \text{ mm}^2$$

Diambil $s = 150 \text{ mm}^2$

Kontrol Spasi Tulangan Geser

$$S_{\max} \leq d/2 \quad (\text{SNI 2847:2013 Pasal 21.3.4.2})$$

$$150 \text{ mm} \leq 336/2 = 168 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

$$S_{\max} \leq 300$$

$$150 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Maka dipakai sengkang **D10 – 150 mm**

c. Perhitungan Penulangan Torsi

1. Periksa kecukupan penampang menahan momen torsi terfaktor berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.5.3.1:

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{T_u p_h}{1,7 A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w d} + 0,66 \sqrt{f'c} \right)$$

Dimana:

$$T_u = 6780000 \text{ Nmm}$$

$$V_u = 28940 \text{ N}$$

$$b_h = b - 2 \times t - \phi_{\text{sengkang}} = 300 - 2 \times 40 - 10 = 210 \text{ mm}$$

$$h_h = h - 2 \times t - \phi_{\text{sengkang}} = 400 - 2 \times 40 - 10 = 310 \text{ mm}$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang:

$$p_h = 2 \times (b_h + h_h) = 2 \times (210 + 310) = 1040 \text{ mm}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang:

$$A_{oh} = b_h \times h_h = 210 \times 310 = 65100 \text{ mm}^2$$

$$V_c = 0,17 \sqrt{f'c} \cdot b_w \cdot d = 0,17 \cdot \sqrt{35} \cdot 300 \cdot 336 = 101377,94 \text{ N}$$

Torsi maksimum beton non-prategang:

$$Tu = \phi \cdot \frac{\sqrt{fc'}}{3} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$Tu = 0,75 \cdot \frac{\sqrt{35}}{3} \cdot \left(\frac{120000^2}{1400} \right) = 15212776,59 \text{ Nmm}$$

Torsi minimum:

$$Tu_{\min} = \phi \cdot 0,083 \cdot \lambda \cdot \sqrt{fc'} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

Dimana:

Acp = Luas penampang keseluruhan

Pcp = Keliling penampang keseluruhan

$\Lambda = 1$ (beton normal) SNI 2847-2013 pasal 8.6.1

$\emptyset = 0,75$ (faktor reduksi beban torsi)

Periksa persyaratan pengaruh momen puntir:

$$Acp = b \times h = 300 \text{ mm} \times 400 \text{ mm} = 120000 \text{ mm}^2$$

$$Pcp = 2 \times (b + h) = 2 \times (300\text{mm} + 400\text{mm}) = 1400 \text{ mm}$$

$$Tu_{\min} = 0,75 \cdot 0,083 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot \left(\frac{120000^2}{1400} \right) = 3787981,37 \text{ N.mm}$$

Karena nilai Tu terjadi $> Tu_{\min}$, maka dipakai Tu pakai = 6780000 Nmm

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d} \right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1,7 A_{oh}^2} \right)^2} = \sqrt{\left(\frac{28940}{300 \cdot 336} \right)^2 + \left(\frac{6780000 \times 1040}{1,7 \cdot (65100)^2} \right)^2} = 1,02 \text{ Mpa}$$

$$\phi \left(\frac{V_c}{b_w d} + 0,66 \sqrt{fc'} \right) = 0,75 \cdot \left(\frac{101377,94}{300 \cdot 336} + 0,66 \sqrt{35} \right) = 3,668 \text{ Mpa}$$

Cek kecukupan penampang menahan torsi terfaktor:

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d} \right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1,7 A_{oh}^2} \right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w d} + 0,66 \sqrt{f'c} \right) \rightarrow (\text{Memenuhi})$$

2. Periksa persyaratan Pengaruh puntir berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.5.1, yaitu pengaruh puntir dapat diabaikan jika :

$$Tu < Tu_{\min}$$

$$Tu < \phi \cdot 0,083 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$Tu > Tu_{\min} \text{ (Perlu Tulangan Torsi)}$$

3. Perhitungan Tulangan Transversal Penahan Torsi

Dalam menghitung penulangan transversal penahan torsi, nilai A_o dapat diambil sama dengan $0,85 \cdot A_{oh}$ dan nilai $\Theta = 45^\circ$

(SNI 2847-2013 pasal 11.5.3.6)

$$A_o = 0,85 \cdot A_{oh} = 0,85 \times 65100 = 55335 \text{ mm}^2$$

$$T_n = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_T \cdot f_y t}{s} \cdot \cot \theta$$

$$\frac{Tu}{\phi} = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_T \cdot f_y t}{s} \cdot \cot \theta$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_u}{\phi \cdot 2 \cdot A_o \cdot f_y t \cdot \cot \theta}$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{6780000}{0,75 \cdot 2 \cdot 55335 \cdot 400 \cdot \cot 45^\circ} = 0,204 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Kebutuhan tulangan sengkang sebelum torsi:

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_y v \cdot d} = \frac{33600}{400 \cdot 336} = 0,251 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Kebutuhan tulangan sengkang setelah torsi:

$$\frac{A_v t}{s} = \frac{A_v}{s} + 2 \frac{A_t}{s} = 0,251 + 2(0,204) = 0,658 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Tulangan sengkang terpasang sebelum torsi **2kaki D10 – 150**:

$$\frac{Av_{pakai}}{s} = \frac{2 \times 0,25 \times \pi \times 10^2}{150} = 1,047 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Karena $\frac{Av_{pakai}}{s} > \frac{Av_t}{s}$, maka tulangan sengkang terpasang cukup untuk menahan torsi.

Jadi tulangan sengkang terpasang setelah ditambah torsi adalah **2kaki D10 – 150 mm**

4. Perhitungan Tulangan Longitudinal Penahan Torsi

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.5.3.7 tulangan torsi lentur dihitung dengan rumus:

$$A\lambda = \frac{At}{s} \cdot p_h \cdot \left(\frac{f_{yv}}{f_{yt}} \right) \cdot \cot^2 \theta$$

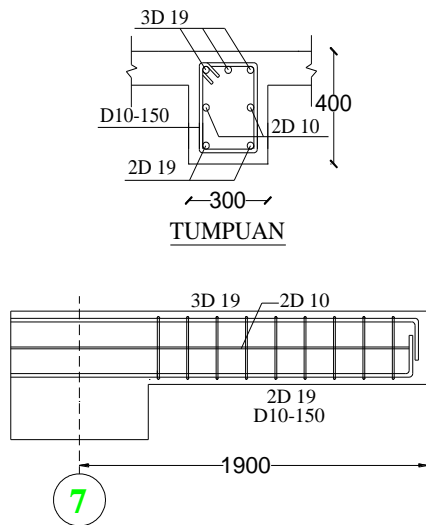
Sehingga,

$$A\lambda = 0,204 \cdot 1040 \cdot \left(\frac{400}{400} \right) \cdot 1 = 212,37 \text{ mm}^2$$

Untuk mendistribusikan $A\lambda$ secara sama, diasumsikan $1/4 A\lambda$ ditempatkan di dua sudut teratas dan $1/4 A\lambda$ di dua sudut terbawah untuk ditambahkan pada batang tulangan lentur. Penyeimbangannya, $1/2 A\lambda$ didistribusikan secara sama pada muka-muka vertikal irisan penampang web balok dengan spasi pusat ke pusat tidak melebihi 300 mm.

$$\frac{A\lambda}{4} = 53,09 \text{ mm}^2$$

Digunakan batang 2D10 mm = 157,08 mm², di pasang pada sisi samping kiri dan kanan penampang web balok sepanjang tumpuan maupun lapangan.

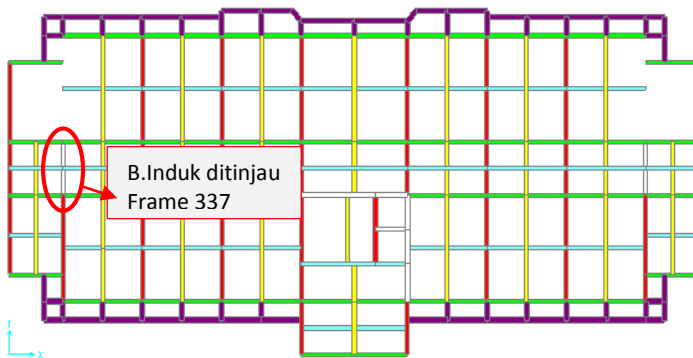


Gambar 6. 14 Penulangan Balok Kantilever 30/40

6.2 Perhitungan Struktur Primer

6.2.1 Desain Struktur Balok Induk

Contoh perhitungan tulangan balok dipilih pada balok dengan nilai momen terbesar yaitu B1 (30×80) cm frame 337. Hasil perhitungan balok lainnya akan disajikan dalam bentuk tabel. Berikut ini adalah data perencanaan balok berdasarkan gambar denah pembalokan, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000. Selanjutnya akan dihitung dengan metode SRPMK.



Gambar 6. 15 Denah Balok Induk yang ditinjau

Data Perencanaan:

Tipe balok	: B1
Bentang balok	: 4000 mm
Dimensi Balok	: 300 x 800 mm
Kuat Tekan Beton (f_c')	: 35 MPa
Kuat Leleh Tul. Lentur (f_y)	: 400 MPa
Kuat Leleh Tul. Geser (f_{yv})	: 400 MPa
Kuat Leleh Tul. Torsi (f_{yt})	: 400 MPa
Diameter Tulangan Lentur	: D - 25
Diameter Tulangan Geser	: D - 13
Diameter Tulangan Puntir	: D - 13
Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ)	= 0,9
<i>(SNI 2847-2013 pasal 9.3.2.1)</i>	
Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ)	= 0,75

(SNI 2847-2013 pasal 9.3.2.3)

Faktor reduksi kekuatan puntir (ϕ) = 0,75

(SNI 2847-2013 pasal 9.3.2.3)

6.2.1.1 Cek Syarat Komponen Struktur Penahan Gempa

Sebelum perhitungan penulangan balok, harus dilakukan kontrol syarat-syarat komponen beton bertulang yang memenuhi persyaratan SRPMK sebagai berikut:

- a. Gaya tekan aksial terfaktor pada balok, **$P_u < A_g \cdot f'_c / 10$**

$$P_u = 474,84 \text{ kN} < \frac{(300 \times 800) \text{ mm}^2 \cdot 35 \text{ Mpa}}{10} = 840 \text{ kN} \quad (\text{OKE})$$

- b. Bentang bersih untuk komponen struktur, **$l_n \geq 4d$**

$$d = h_{\text{balok}} - t - \text{senggang} - (D \cdot \text{lentur} / 2)$$

$$d = 800 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - (25 \text{ mm} / 2)$$

$$d = 734,5 \text{ mm}$$

$$l_n = 3250 \text{ mm} \geq 4 \times 709,5 = 2838 \text{ mm} \quad (\text{OKE})$$

- c. Lebar komponen, **$b_w \geq 0,3h$ atau 250 mm**

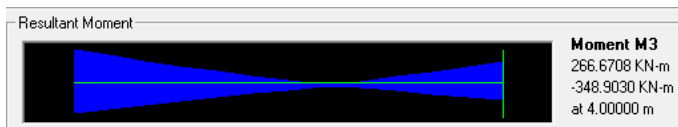
$$b_w = 300 \text{ mm} \geq 250 \text{ mm} \quad (\text{OKE})$$

- d. Rasio lebar dan tinggi balok tidak kurang dari 0,3

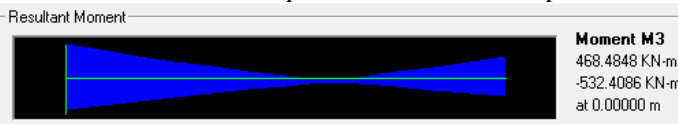
$$\frac{300}{800} = 0,375 \quad (\text{OKE})$$

6.2.1.2 Perhitungan Penulangan Lentur Balok

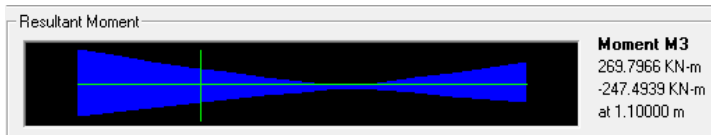
Gaya-gaya dalam yang terjadi pada balok, diperoleh menggunakan program bantu SAP 2000 v.14.



Gambar 6. 16 Hasil Output SAP Momen Tumpuan Kanan



Gambar 6. 17 Hasil Output SAP Momen Tumpuan Kiri



Gambar 6. 18 Hasil Output SAP Momen Lapangan

Tabel 6. 4 Momen Envelope pada balok akibat beban gravitasi dan beban gempa

Kondisi	Lokasi	Arah Goyangan	Mu (kN.m)
1	Tumpuan Kanan (-)	Kanan	-348.90
2	Tumpuan Kanan (+)	Kiri	266.67
3	Tumpuan Kiri (-)	Kiri	-532.41
4	Tumpuan Kiri (+)	Kanan	468.48
5	Lapangan	Kanan & Kiri	269.80

1. **Kondisi 1** (Momen tumpuan kanan akibat goyangan ke kanan)

$$Mu = -348,9 \text{ kNm} = -348900000 \text{ Nmm}$$

- Estimasi kebutuhan tulangan awal

Cek momen nominal aktual

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{348900000}{0,9} = 387670000 \text{ Nmm}$$

Ambil harga $X_r \leq 0,75 x_b$ untuk mencari titik berat, dimana :

$$x_b = \frac{600}{600 + f_y} \times d = \frac{600}{600 + 400} \times 734,5 = 440,7 \text{ mm}$$

$X_r \leq 0,75 \times 440,7 = 330,53 \text{ mm} \rightarrow$ diambil harga $X_r = 200 \text{ mm}$

$$A_{sc} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c \cdot b \cdot x}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 0,835 \cdot 300 \cdot 200}{400}$$

$$= 3570 \text{ mm}^2$$

$$M_{nc} = A_{sc} \cdot f_y \left(d - \frac{\beta_1 \cdot x}{2} \right)$$

$$= 3570.400 \left[734,5 - \frac{0,8.200}{2} \right]$$

$$M_{nc} = 1048294800 \text{ Nmm}$$

$$M_n - M_{nc} = 387670000 - 1048294800 = -660620000 \text{ Nmm}$$

Karena nilai $M_n - M_{nc} < 0$ maka tidak perlu tulangan tekan, maka digunakan perhitungan “Tulangan T tunggal”.

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{387670000 \text{ N.mm}}{300 \text{ mm} \cdot (734,5 \text{ mm})^2} = 2,39 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,445$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,445} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,445 \cdot 2,39 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$\rho = 0,0063$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \text{ Mpa}} = 0,0035$$

$$\rho_{\max} = 0,025 \text{ (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.2.1)}$$

Cek Persyaratan:

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0063 < 0,025 \quad (\text{Memenuhi})$$

$$\text{Maka : As perlu} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$$

$$\text{As perlu} = 0,0063 \times 300 \text{ mm} \times 734,5 \text{ mm}$$

$$\text{As perlu} = 1377,38 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka dipakai tulangan 5-D25} \rightarrow \text{As pakai} = 2454,37 \text{ mm}^2$$

Cek apakah penampang *tension-controlled*

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{2454,37 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 35 \text{ Mpa} \times 300 \text{ mm}} = 109,99 \text{ mm}$$

Syarat:

$$\frac{a}{d} < 0,375 \cdot \beta_1, \text{ dimana:}$$

$$\frac{a}{d} = \frac{109,99}{734,5} = 0,149 \text{ dan } 0,375 \cdot \beta_1 = 0,375 \times 0,8 = 0,3$$

Karena memenuhi syarat $\frac{a}{d} < 0,375 \cdot \beta_1$, maka desain tulangan *under-reinforced*.

Cek jarak antar tulangan:

$$s = \frac{b - 2 \cdot t - 2 \cdot \text{senggang} - (n \times D_{\text{lentur}})}{n - 1}$$

$$s = \frac{300 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 2 \cdot 13 \text{ mm} - (5 \times 25 \text{ mm})}{5 - 1}$$

$$s = 17,25 \text{ mm} < 25 \text{ mm} \quad (\text{Tidak Memenuhi})$$

Karena tulangan 5-D25 tidak cukup dipasang satu lapis, maka akan dipasang dua lapis dengan 3 tulangan diatas dan 2 tulangan dibawah.

2. **Kondisi 2** (Momen tumpuan kanan akibat goyangan ke kiri)
SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.2.2 mensyaratkan bahwa *kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari 1/2 kuat lentur negatifnya pada muka tersebut*.

$$M_u = 266,67 \text{ kNm}$$

$$M_u = 1/2 \cdot M_u \text{ negatif} = 1/2 \cdot 348,9 \text{ kN.m} = 174,45 \text{ kN.m}$$

Karena $266,67 \text{ kN.m} > 174,45 \text{ kN.m}$ maka yang dipakai adalah $M_u = 266,67 \text{ kN.m}$

Jika menggunakan tulangan tunggal satu lapis, maka:

$$d = 800 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - 25 \text{ mm} / 2 = 734,5 \text{ mm}$$

$$Mn_1 = \frac{Mu}{\phi} = \frac{266,67 \text{ kN.m}}{0,9} = 296,3 \text{ kN.m}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{296300000 \text{ N.mm}}{300 \text{ mm} \cdot (734,5 \text{ mm})^2} = 1,83 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fc'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,445$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,445} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,445 \cdot 1,83 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$\rho = 0,0047$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{400 \text{ Mpa}} = 0,0035$$

$$\rho_{\max} = 0,025 \text{ (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.2.1)}$$

Cek Persyaratan:

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0047 < 0,025 \quad (\text{Memenuhi})$$

$$\text{Maka : As perlu} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$$

$$\text{As perlu} = 0,0047 \times 300 \text{ mm} \times 734,5 \text{ mm}$$

$$\text{As perlu} = 1041,6 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka dipakai tulangan 4-D25} \rightarrow \text{As pakai} = 1963,49 \text{ mm}^2$$

Cek jarak antar tulangan:

$$s = \frac{b - 2 \cdot t - 2 \cdot \text{senggang} - (n \times D.lentur)}{n - 1}$$

$$s = \frac{300 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 2 \cdot 13 \text{ mm} - (4 \times 25 \text{ mm})}{4 - 1}$$

$$s = 31,33 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

3. **Kondisi 3** (Momen tumpuan kiri akibat goyangan ke kiri)

Cek momen nominal aktual:

$$Mu = -532,41 \text{ kNm} = 532410000 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{532,41 \text{ kN.m}}{0,9} = 591,56 \text{ kN.m}$$

Jika diambil harga $X_r \leq 0,75 X_b$ untuk mencari titik berat, sehingga:

Jika menggunakan tulangan tunggal satu lapis, maka:

$$d = 800 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - 25 \text{ mm}/2 = 734,5 \text{ mm}$$

$$X_b = \frac{600}{600 + f_y} \cdot d = \frac{600}{600 + 400} \cdot 734,5 \text{ mm} = 440,7 \text{ mm}$$

$$X_r = 0,75 \times 440,7 \text{ mm} = 275,43 \text{ mm}$$

Maka diambil nilai $X_r = 200 \text{ mm}$

$$A_{sc} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot X_r}{f_y}$$

$$A_{sc} = \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 300 \text{ mm} \cdot 200 \text{ mm}}{400 \text{ Mpa}} = 3570 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} M_{nc} &= A_{sc} \cdot f_y \left(d - \frac{\beta_1 \cdot x}{2} \right) \\ &= 3570 \cdot 400 \left[734,5 - \frac{0,8 \cdot 200}{2} \right] \end{aligned}$$

$$M_{nc} = 1048294800 \text{ Nmm}$$

$$M_n - M_{nc} = 591560000 - 1048294800 = -456730000 \text{ Nmm}$$

Karena nilai $M_n - M_{nc} < 0$ maka tidak perlu tulangan tekan, maka digunakan perhitungan “Tulangan Tunggal”.

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{591560000 \text{ N.mm}}{300 \text{ mm} \cdot (734,5 \text{ mm})^2} = 3,66 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,445$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,445} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,445 \cdot 3,66 N / mm^2}{400 Mpa}} \right)$$

$$\rho = 0,0098$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 Mpa} = 0,0035$$

$$\rho_{\max} = 0,025 \text{ (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.2.1)}$$

Cek Persyaratan:

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0095 < 0,025 \quad (\text{Memenuhi})$$

$$\text{Maka : As perlu} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$$

$$\text{As perlu} = 0,0098 \times 300 \text{ mm} \times 734,5 \text{ mm}$$

$$\text{As perlu} = 2155,21 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka dipakai tulangan 5-D25} \rightarrow \text{As pakai} = 2454,36 \text{ mm}^2$$

Cek jarak antar tulangan:

$$s = \frac{b - 2 \cdot t - 2 \cdot \text{senggang} - (n \times D.lentur)}{n - 1}$$

$$s = \frac{300 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 2 \cdot 13 \text{ mm} - (5 \times 25 \text{ mm})}{5 - 1}$$

$$s = 17,25 \text{ mm} < 25 \text{ mm} \quad (\text{Tidak Memenuhi})$$

Karena tulangan 5-D25 tidak cukup dipasang satu lapis, maka akan dipasang dua lapis dengan 3 tulangan diatas dan 2 tulangan dibawah.

4. **Kondisi 4** (Momen tumpuan kiri akibat goyangan ke kanan)

$$Mu = 468,48 \text{ kNm}$$

SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.2.2 mensyaratkan bahwa *kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari 1/2 kuat lentur negatifnya pada muka tersebut.*

$$Mu = 1/2 \cdot Mu \text{ negatif} = 1/2 \cdot 532,41 \text{ kN.m} = 266,2 \text{ kN.m}$$

Karena $468,48 \text{ kN.m} > 266,2 \text{ kN.m}$ maka yang dipakai adalah

$$Mu = 468,48 \text{ kN.m}$$

Jika menggunakan tulangan tunggal satu lapis, maka:

$$d = 800 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - 25\text{mm}/2 = 734,5 \text{ mm}$$

$$Mn_1 = \frac{Mu}{\phi} = \frac{468,48 \text{ kN.m}}{0,9} = 520,53 \text{ kN.m}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{520530000 \text{ N.mm}}{300\text{mm} \cdot (734,5\text{mm})^2} = 3,22 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fc'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,445$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,445} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,445 \cdot 3,22 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$\rho = 0,0085$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{400 \text{ Mpa}} = 0,0035$$

$$\rho_{\max} = 0,025 \text{ (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.2.1)}$$

Cek Persyaratan:

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0085 < 0,025$$

(Memenuhi)

Maka : $A_s \text{ perlu} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$

$$A_s \text{ perlu} = 0,0085 \times 300\text{mm} \times 734,5\text{mm}$$

$$A_s \text{ perlu} = 1879,5 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan 4-D25 $\rightarrow A_s \text{ pakai} = 1963,49 \text{ mm}^2$

5. **Kondisi 5** (Momen lapangan akibat goyangan kanan maupun kiri)

$$Mu = 269,8 \text{ kNm}$$

SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.2.2 mensyaratkan bahwa *baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari 1/4 kuat lentur terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom tersebut.*

$$1/4 \text{ Mu terbesar} = 1/4 \cdot 532,41 \text{ kN.m} = 133,1 \text{ kN.m}$$

Karena $269,8 \text{ kN.m} > 133,1 \text{ kN.m}$ maka yang dipakai adalah nilai $Mu = 269,8 \text{ kN.m}$

Jika menggunakan tulangan tunggal satu lapis, maka:

$$d = 800 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - 25\text{mm}/2 = 734,5 \text{ mm}$$

$$Mn_1 = \frac{Mu}{\phi} = \frac{269,8 \text{ kN.m}}{0,9} = 299,77 \text{ kN.m}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{299770000 \text{ N.mm}}{300\text{mm} \cdot (734,5\text{mm})^2} = 1,85 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fc'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,445$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,445} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,445 \cdot 1,85 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$\rho = 0,0048$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \text{ Mpa}} = 0,0035$$

$$\rho_{\max} = 0,025 \text{ (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.2.1)}$$

Cek Persyaratan:

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0048 < 0,025 \quad (\text{Memenuhi})$$

$$\text{Maka : As perlu} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$$

$$\text{As perlu} = 0,0048 \times 300 \text{ mm} \times 734,5 \text{ mm}$$

$$\text{As perlu} = 1054,24 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka dipakai tulangan 4-D25} \rightarrow \text{As pakai} = 1963,495 \text{ mm}^2$$

Tabel 6. 5 Konfigurasi Penulangan Balok Induk Memanjang B1

Kondisi	Lokasi	Arah Goyangan	Tulangan	As Pakai (mm ²)
1	Tumpuan Kanan (-)	Kanan	5D25	2454.4
2	Tumpuan Kanan (+)	Kiri	4D25	1963.5
3	Tumpuan Kiri (-)	Kiri	5D25	2454.4
4	Tumpuan Kiri (+)	Kanan	4D25	1963.5
5	Lapangan	Kanan & Kiri	4D25	1963.5

6.2.1.3 Perhitungan Penulangan Geser Balok

1. Menghitung *Probable Moment Capacities* (Mpr)

- Kapasitas momen ujung-ujung balok bila struktur bergoyang ke kanan

$$\text{Kondisi 1 (5-D25, As} = 2454,36 \text{ mm}^2)$$

$$a_{pr-1} = \frac{1,25 \cdot As \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 2454,36 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 300 \text{ mm}}$$

$$a_{pr-1} = 137,49 \text{ mm}$$

$$M_{pr-1} = 1,25 \cdot As \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a_{pr-1}}{2} \right)$$

$$M_{pr_1} = 1,25 \cdot 2454,36 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot \left(734,5 \text{ mm} - \frac{137,49 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$M_{pr_1} = 816998364,92 \text{ N.mm} = 817,00 \text{ kN.m}$$

Kondisi 4 (4-D25, $A_s = 1963,495 \text{ mm}^2$)

$$a_{pr_4} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 1963,495 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 300 \text{ mm}}$$

$$a_{pr_4} = 110 \text{ mm}$$

$$M_{pr_4} = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a_{pr_4}}{2} \right)$$

$$M_{pr_4} = 1,25 \cdot 1963,495 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot \left(734,5 \text{ mm} - \frac{110 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$M_{pr_4} = 667100000 \text{ N.mm} = 667,1 \text{ kN.m}$$

- b. Kapasitas momen ujung-ujung balok bila struktur bergoyang ke kiri

Kondisi 2 (4-D25, $A_s = 1963,495 \text{ mm}^2$)

$$a_{pr_2} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 1963,495 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 300 \text{ mm}}$$

$$a_{pr_2} = 110 \text{ mm}$$

$$M_{pr_2} = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a_{pr_2}}{2} \right)$$

$$M_{pr_2} = 1,25 \cdot 1963,495 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot \left(734,5 \text{ mm} - \frac{110 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$M_{pr_2} = 667100000 \text{ N.mm} = 667,1 \text{ kN.m}$$

Kondisi 3 (5-D25, $A_s = 2454,36 \text{ mm}^2$)

$$a_{pr-3} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 2454,36 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 300 \text{ mm}}$$

$$a_{pr-3} = 137,49 \text{ mm}$$

$$M_{pr-3} = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a_{pr-1}}{2} \right)$$

$$M_{pr-3} = 1,25 \cdot 2454,36 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot \left(734,5 \text{ mm} - \frac{137,49 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$M_{pr-3} = 816998364,92 \text{ N.mm} = 817,00 \text{ kN.m}$$

2. Menghitung Diagram Gaya Geser

Untuk mencari reaksi geser di ujung kanan dan kiri balok akibat gaya gravitasi yang bekerja pada struktur diambil dari Output SAP 2000 dengan kombinasi 1,2D + 1,0L:



$$V_g = \frac{w_u \cdot \ell_n}{2} = 51,67 \text{ kN}$$

$$W_u = 31,79 \text{ kN/m}$$

a. Menghitung geser yang terjadi akibat goyangan:

• Struktur bergoyang ke kanan:

$$V_{sway} = \frac{M_{pr-1} + M_{pr-4}}{\ell_n} = \frac{817 \text{ kN.m} + 667,1 \text{ kN.m}}{3,25 \text{ m}}$$

$$V_{sway} = 456,64 \text{ kN}$$

Total reaksi geser di ujung kiri balok:

$$= 51,67 \text{ kN} + 456,64 \text{ kN} = 508,31 \text{ kN} \quad (\text{ke atas})$$

Total reaksi geser di ujung kanan balok:

$$= 51,67 \text{ kN} - 456,64 \text{ kN} = 405 \text{ kN} \quad (\text{ke bawah})$$

- Struktur bergoyang ke kiri:

$$V_{sway} = \frac{M_{pr-2} + M_{pr-3}}{\ell_n} = \frac{817 \text{ kN.m} + 667,1 \text{ kN.m}}{3,25 \text{ m}}$$

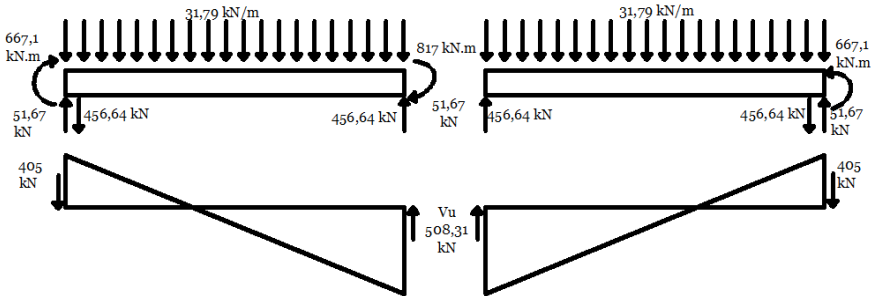
$$V_{sway} = 456,64 \text{ kN}$$

Total reaksi geser di ujung kiri balok:

$$= 51,67 \text{ kN} - 456,64 \text{ kN} = 405 \text{ kN} \text{ (ke bawah)}$$

Total reaksi geser di ujung kanan balok:

$$= 51,67 \text{ kN} + 456,64 \text{ kN} = 508,31 \text{ kN} \text{ (ke atas)}$$



Gambar 6. 19 Diagram Gaya Geser Akibat Goyangan ke Kanan dan Kiri

3. Perhitungan Kebutuhan Senggang untuk Gaya Geser

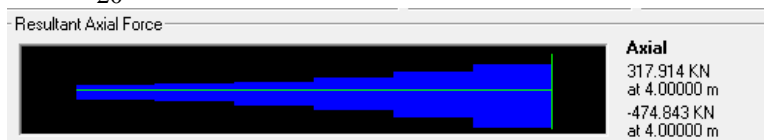
SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.4.2 mensyaratkan bahwa kontribusi beton dalam menahan geser, yaitu $V_c = 0$ pada perencanaan sendi plastis apabila:

- Gaya geser V_{sway} akibat sendi plastis di ujung-ujung balok melebihi kuat geser perlu maksimum, V_u di sepanjang bentang.

Tabel 6. 6 Gaya Geser di Muka Kolom Kiri dan Kanan

Arah Gerakan Gempa	V_{sway}	Reaksi Tumpuan Kiri		Reaksi Tumpuan Kanan		Cek Syarat
		V_u	$0,5 V_u$	V_u	$0,5 V_u$	
	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	$V_{sway} > 0,5 V_u$
Kanan	456.64	508.31	254.16	404.97	202.49	OK
Kiri	456.64	404.97	202.49	508.31	254.16	OK

- Gaya aksial tekan terfaktor akibat gaya gempa dan gravitasi $< \frac{A_g \cdot f_c'}{20}$.



Gambar 6. 20 Hasil Output SAP Gaya Aksial

Apabila diketahui $P_u = 474,84$ kN dan

$$\frac{A_g \cdot f_c'}{20} = (300 \text{ mm} \times 800 \text{ mm} \times 35 \text{ Mpa}) / 20 = 420 \text{ kN}$$

$474,84 \text{ kN} > 420 \text{ kN}$ (NO OKE)

Karena nilai $V_{sway} > \frac{1}{2} V_u$ dan $P_u > \frac{A_g \cdot f_c'}{20}$, maka nilai V_c dihitung sesuai persamaan:

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 300 \text{ mm} \cdot 734,5 \text{ mm} = 217,268 \text{ kN}$$

a. **Muka kolom kiri dan muka kolom kanan**

$$V_u = 508,31 \text{ kN}$$

Dengan demikian,

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{508,31 \text{ kN}}{0,75} - 217,268 \text{ kN} = 460,49 \text{ kN}$$

Menurut SNI 03-2847-2013 Pasal 11.4.7.9, nilai maksimum V_s adalah sebagai berikut:

$$V_s \text{ max} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 300 \text{ mm} \cdot 734,5 \text{ mm}$$

$$V_s \text{ max} = 869072,1 \text{ N} = 869,07 \text{ kN}$$

Karena nilai $V_s = 460,49 \text{ kN} < 869,07 \text{ kN}$ – (*Memenuhi*)

Apabila dicoba digunakan sengkang D13 dipasang 2 kaki ($A_v = 265,46 \text{ mm}^2$)

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{265,46 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot 734,5 \text{ mm}}{460490 \text{ N}}$$

$$s = 169,37 \text{ mm},$$

sehingga dipasang sengkang **2 kaki D13-150**

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.1, diperlukan hoops (sengkang tertutup) di sepanjang $2h$ dari sisi muka kolom terdekat.

$$2h = 2 \times 800 \text{ mm} = 1600 \text{ mm}.$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.2, hoops pertama dipasang pada jarak 50mm dari muka kolom terdekat, dan berikutnya dipasang dengan spasi terkecil diantara:

- $d/4 = 734,5 \text{ mm} / 4 = 183,6 \text{ mm}$
- $6 \times D.$ tulangan longitudinal terkecil
 $6 \times 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$
- 150 mm

Dengan demikian, tulangan sengkang didaerah sendi plastis (yaitu di daerah sepanjang $2h = 1,6 \text{ m}$ dari muka kolom) menggunakan sengkang tertutup **2 kaki D13-150 mm**

b. Ujung zona sendi plastis:

Gaya geser maksimum V_u di ujung zona sendi plastis, yaitu sejarak $2h = 2 \cdot 800 \text{ mm} = 1600 \text{ mm}$ dari muka kolom adalah $508,31 \text{ kN} - (2h \cdot \omega_u) = 508,31 \text{ kN} - (1,6\text{m} \times 31,79 \text{ kN}) = 457,44 \text{ kN}$

Pada daerah ini V_c dapat diperhitungkan

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 300 \text{ mm} \cdot 734,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 217268 \text{ N} = 217,268 \text{ kN}$$

Dengan demikian,

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{457,44 \text{ kN}}{0,75} - 217,268 \text{ kN} = 392,65 \text{ kN}$$

Menurut SNI 03-2847-2013 Pasal 11.4.7.9, nilai maksimum V_s adalah sebagai berikut:

$$V_s \text{ max} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 300 \text{ mm} \cdot 734,5 \text{ mm}$$

$$V_s \text{ max} = 869072,1 \text{ N} = 869,072 \text{ kN}$$

Karena nilai $V_s = 392,72 \text{ kN} < 869,07 \text{ kN}$ – (*Memenuhi*)

Apabila dicoba digunakan sengkang D13 dipasang 2 kaki ($A_v = 265,46 \text{ mm}^2$)

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{265,46 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot 734,5 \text{ mm}}{392650 \text{ N}}$$

$$s = 198,6 \text{ mm},$$

sehingga digunakan sengkang **2 kaki D13-150 mm**

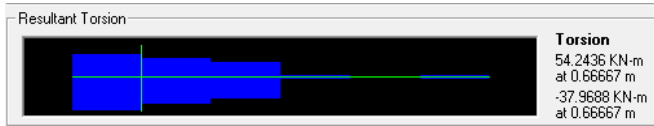
Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.4, spasi maksimum tulangan geser disepanjang balok SRPMK adalah $d/2$.

$$S_{\text{max}} = d/2 = 734,5 \text{ mm} / 2 = 367,25 \text{ mm}$$

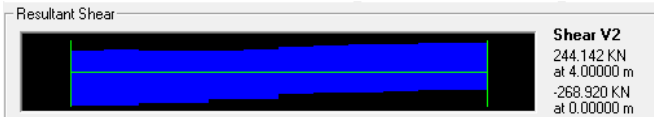
Dari hasil perhitungan diatas, untuk bentang di luar zona sendi plastis digunakan sengkang **2 kaki D13-150 mm**.

6.2.1.4 Perhitungan Tulangan Torsi

Dari hasil analisis SAP 200 diperoleh nilai-nilai berikut:



Gambar 6. 21 Hasil Output SAP Gaya Torsi



Gambar 6. 22 Hasil Output SAP Gaya Geser

1. Periksa kecukupan penampang menahan momen torsi terfaktor berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.5.3.1:

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{T_u p_h}{1,7 A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w d} + 0,66 \sqrt{f'c} \right)$$

$$b_h = b - 2 \times t - \phi_{senggang} = 300 - 2 \times 40 - 13 = 207 \text{ mm}$$

$$h_h = h - 2 \times t - \phi_{senggang} = 800 - 2 \times 40 - 13 = 707 \text{ mm}$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan senggang:

$$p_h = 2 \times (b_h + h_h) = 2 \times (207 + 707) = 1828 \text{ mm}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan senggang:

$$A_{oh} = b_h \times h_h = 207 \times 707 = 146349 \text{ mm}^2$$

$$V_c = 0,17 \sqrt{f'c} \cdot b_w d = 0,17 \cdot \sqrt{35} \cdot 300 \cdot 734,5 = 221613,39 \text{ N}$$

Torsi maksimum beton non-prategang:

$$T_u = \phi \cdot \frac{\sqrt{f'c}}{3} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$Tu = 0,75 \cdot \frac{\sqrt{35}}{3} \cdot \left(\frac{240000^2}{2200} \right) = 38723431,3 \text{ Nmm}$$

Torsi minimum:

$$Tu_{\min} = \phi \cdot 0,083 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

Dimana:

A_{cp} = Luas penampang keseluruhan

P_{cp} = Keliling penampang keseluruhan

$\Lambda = 1$ (beton normal) SNI 2847-2013 pasal 8.6.1

$\phi = 0,75$ (faktor reduksi beban torsi)

Periksa persyaratan pengaruh momen puntir:

$$A_{cp} = b \times h = 300 \text{ mm} \times 800 \text{ mm} = 240000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2 \times (b + h) = 2 \times (300 \text{ mm} + 800 \text{ mm}) = 2200 \text{ mm}$$

$$Tu_{\min} = 0,75 \cdot 0,083 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot \left(\frac{240000^2}{2200} \right) = 9642134,39 \text{ N.mm}$$

Karena nilai Tu terjadi $> Tu_{\max}$, maka dipakai $Tu_{\max} = 38723431,3 \text{ Nmm}$

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w \cdot d} \right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1,7 \cdot A_{oh}^2} \right)^2} = \sqrt{\left(\frac{268920}{300 \cdot 734,5} \right)^2 + \left(\frac{38723431,3 \times 1828}{1,7 \cdot (146349)^2} \right)^2} = 2,295 \text{ Mpa}$$

$$\phi \left(\frac{V_c}{b_w \cdot d} + 0,66 \sqrt{f'c} \right) = 0,75 \cdot \left(\frac{221613,39}{300 \cdot 734,5} + 0,66 \sqrt{35} \right) = 3,68 \text{ Mpa}$$

Cek kecukupan penampang menahan torsi terfaktor:

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w \cdot d} \right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1,7 \cdot A_{oh}^2} \right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w \cdot d} + 0,66 \sqrt{f'c} \right) \rightarrow (\text{Memenuhi})$$

2. Periksa persyaratan Pengaruh puntir berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.5.1, yaitu pengaruh puntir dapat diabaikan jika :

$$Tu < Tu_{\min}$$

$$Tu < \phi \cdot 0,083 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$Tu > Tu_{\min} \text{ (Perlu Tulangan Torsi)}$$

5. Perhitungan Tulangan Transversal Penahan Torsi

Dalam menghitung penulangan transversal penahan torsi, nilai A_o dapat diambil sama dengan $0,85 \cdot A_{oh}$ dan nilai $\theta = 45^\circ$

(SNI 2847-2013 pasal 11.5.3.6)

$$A_o = 0,85 \cdot A_{oh} = 0,85 \times 146349 = 124396,65 \text{ mm}^2$$

$$T_n = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_T \cdot f_{yt}}{s} \cdot \cot \theta$$

$$\frac{T_u}{\phi} = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_T \cdot f_{yt}}{s} \cdot \cot \theta$$

$$\frac{A_T}{s} = \frac{T_u}{\phi \cdot 2 \cdot A_o \cdot f_{yt} \cdot \cot \theta}$$

$$\frac{A_T}{s} = \frac{38723431,3}{0,75 \cdot 2 \cdot 124396,65 \cdot 400 \cdot \cot 45^\circ} = 0,519 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Tulangan sengkang daerah tumpuan sebelum torsi:

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_{yv} \cdot d} = \frac{460490}{400 \cdot 734,5} = 1,567 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Kebutuhan tulangan sengkang setelah torsi:

$$\frac{A_{vt}}{s} = \frac{A_v}{s} + 2 \frac{A_T}{s} = 1,567 + 2(0,519) = 2,6 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Tulangan sengkang terpasang daerah tumpuan sebelum torsi
2kaki D13 – 150:

$$\frac{A_{v_{pakai}}}{s} = \frac{2 \times 0,25 \times \pi \times 13^2}{150} = 1,77 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Karena $\frac{A_{v_{pakai}}}{s} < \frac{A_{vt}}{s}$, maka tulangan sengkang terpasang tidak cukup untuk menahan torsi.

Direncanakan sengkang **2kaki D13 – 100 mm**

$$\frac{A_{v_{pakai}}}{s} = \frac{2 \times 0,25 \times \pi \times 13^2}{100} = 2,65 \text{ mm}^2/\text{mm} > 2,6 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Jadi tulangan sengkang terpasang setelah ditambah torsi menjadi **2kaki D13 – 100 mm**

Tulangan sengkang daerah lapangan sebelum torsi = 2kaki D13 – 150 mm

Dengan perhitungan yang sama, tulangan sengkang setelah ditambah torsi menjadi: **2kaki D13 – 100 mm**.

6. Perhitungan Tulangan Longitudinal Penahan Torsi

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.5.3.7 tulangan torsi lentur dihitung dengan rumus:

$$A\lambda = \frac{At}{s} \cdot p_h \left(\frac{f_{yv}}{f_{yt}} \right) \cdot \cot^2 \theta$$

Sehingga,

$$A\lambda = 0,519.1828 \cdot \left(\frac{400}{400} \right) \cdot 1 = 948,4 \text{ mm}^2$$

Untuk mendistribusikan $A\lambda$ secara sama, diasumsikan $1/4 A\lambda$ ditempatkan di dua sudut teratas dan $1/4 A\lambda$ di dua sudut terbawah untuk ditambahkan pada batang tulangan lentur. Penyeimbangannya, $1/2 A\lambda$ didistribusikan secara sama pada muka-muka vertikal irisan penampang web balok dengan spasi pusat ke pusat tidak melebihi 300 mm.

$$\frac{A\lambda}{4} = 237,1 \text{ mm}^2$$

Digunakan batang 2D13 mm = 265,5 mm² di pasang pada sisi samping kiri dan kanan penampang web balok sepanjang tumpuan maupun lapangan.

6.2.1.5 Kontrol Retak Balok

Pengecekan jarak tulangan terhadap kontrol retak dilakukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 10.6.4.

$$\text{Syarat: } s = 380 \cdot \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5 \cdot c_c$$

$$f_s = \frac{2}{3} \cdot f_y = \frac{2}{3} \cdot 400 \text{ Mpa} = 266,67 \text{ Mpa}$$

Dengan c_c merupakan jarak terkecil dari permukaan tulangan ke muka tarik, sehingga $c_c = 20$ mm

$$\text{Sehingga: } s = 380 \cdot \left(\frac{280}{266,67} \right) - 2,5 \cdot 40 = 298,99 \text{ mm}$$

$$\text{dan tidak melebihi } s_{\max} = 300 \cdot \left(\frac{280}{f_s} \right)$$

$$s_{\max} = 300 \cdot \left(\frac{280}{266,67} \right) = 315 \text{ mm}$$

Jarak antar tulangan dipakai = 59,5 mm < 315 mm (OKE)

6.2.1.6 Cut-off Points

1. Tulangan negatif di muka kolom kanan dan kiri

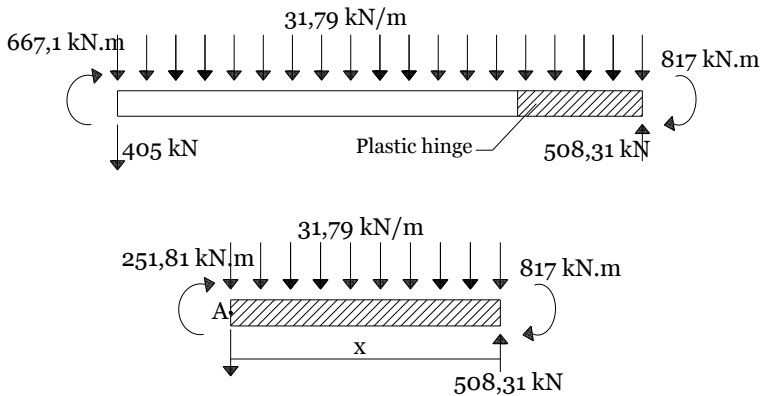
Jumlah tulangan atas terpasang adalah 5D25. Dua buah tulangan atas D25 akan dipasang menerus di sepanjang bentang. Tiga buah tulangan lainnya akan dicut-off, sehingga $A_s \text{ sisa} = 981,7 \text{ mm}^2$. Kuat lentur rencana dengan

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{981,7 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 300 \text{ mm}} = 44 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = \phi \cdot A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 981,7 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \left(734,5 \text{ mm} - \frac{44 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 251806050 \text{ Nmm} = 251,81 \text{ kNm}$$



Gambar 6. 23 Sketsa Lokasi Penampang dengan Momen 251,81 kNm pada Balok B1 saat mengalami Goyangan ke Kanan

Untuk mengetahui lokasi penampang dengan momen negatif rencana 251,81 kNm pada balok, ambil penjumlahan momen di titik A, yaitu:

$$31,79 \cdot x \left(\frac{1}{2} x \right) - 508,31x + (817 - 251,81) = 0$$

$$15,895x^2 - 508,31x + 565,19 = 0$$

Dengan menggunakan rumus abc didapatkan:

$$x_{12} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} = \frac{508,31 \pm \sqrt{(-508,31)^2 - 4(15,895 \times 508,31)}}{2 \times 15,895}$$

$$x_1 = 30,94 \text{ m}$$

$$x_2 = 1,033 \text{ m}$$

Momen rencana 251,81 kNm terletak di 1,033 m baik dari muka kolom kanan maupun kiri. Data ini dipakai untuk menentukan lokasi cut-off point untuk tulangan 3D25.

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 12.12.3, mengharuskan setidaknya 1/3 tulangan tarik momen negatif pada tumpuan harus ditanam melewati titik belok tidak kurang dari d , $12d_b$, $l_n/16$.

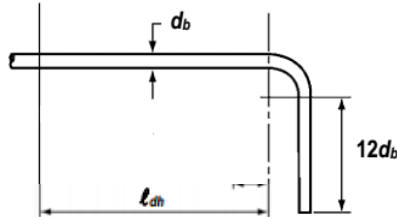
Jadi, tulangan 3D25 harus ditanam sepanjang yang terbesar diantara:

1. $1033\text{mm} + d = 1033\text{mm} + 734,5\text{mm} = 1767,5 \text{ mm}$
2. $1033\text{mm} + (12 \times 25\text{mm}) = 1333 \text{ mm}$
3. $1033\text{mm} + 3250\text{mm} / 16 = 1236,13 \text{ mm}$

Maka tulangan 3D25 ditanamkan sejauh 1800 mm dari muka kolom kanan dan kiri.

6.2.1.6 Panjang Penyaluran

a. Panjang Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Kondisi Tarik



Gambar 6. 24 Detail Tulangan untuk Penyaluran Kait Standar

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.7.5.1, nilai l_{dh} harus memenuhi:

$$l_{dh} = \frac{f_y \cdot d_b}{5,4 \cdot \sqrt{f_c'}}$$

$$l_{dh} = \frac{400 \times 25}{5,4 \cdot \sqrt{35}} = 313,02 \text{ mm} \approx 350 \text{ mm}$$

Tetapi tidak boleh kurang dari:

- $8 \cdot d_b = 8 \times 25 \text{ mm} = 200 \text{ mm}$
- 150 mm

Panjang kait = $12 \cdot d_b = 12 \times 25 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$

b. Panjang Penyaluran Tulangan Tekan

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 12.3.2:

$$l_{dc1} = \left(\frac{0,24 \cdot f_y}{\lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) \cdot d_b = \left(\frac{0,24 \cdot 400}{1 \cdot \sqrt{35}} \right) \cdot 25 = 405,67 \text{ mm}$$

$$l_{dc2} = 0,043 \cdot f_y \cdot d_b = 0,043 \cdot 400 \cdot 25 = 430 \text{ mm}$$

Diambil terbesar yakni $l_{dc} = 450 \text{ mm}$

c. Panjang Penyaluran Tulangan Tarik

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2.2 panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tarik untuk $D > 22\text{mm}$, (D25) yang dibuat kontinu, masing-masing harus di lap-splices satu sama lain minimum sepanjang l_{d-25} :

Diketahui nilai: $d_b = 25 \text{ mm}$ $\psi_s = 1,0$

$\psi_t = 1,0$ $\lambda = 1,0$

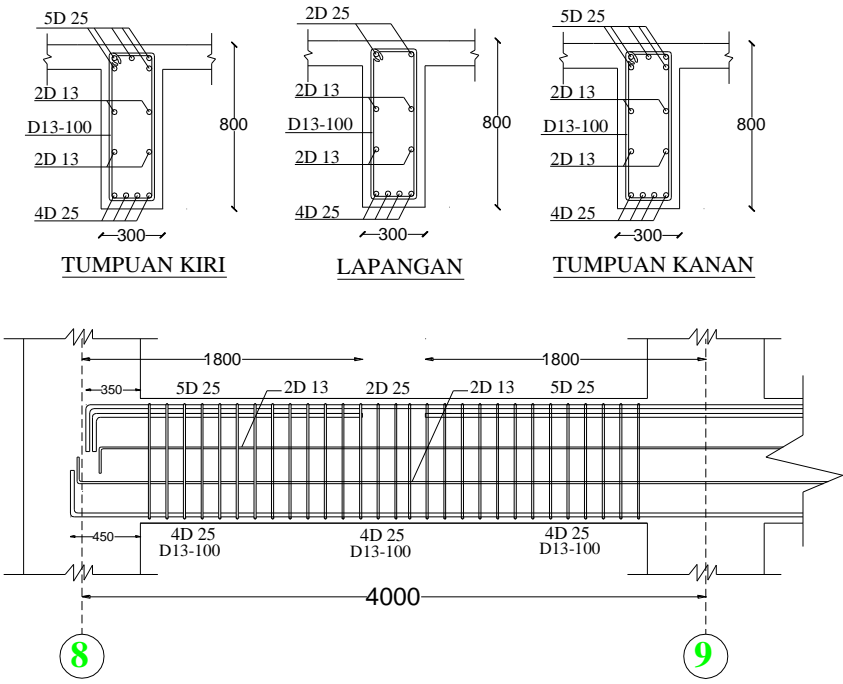
$\psi_e = 1,0$

$$\ell d = \left(\frac{f_y \cdot \psi_t \cdot \psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) \cdot d_b$$

$$\ell d = \left(\frac{400\text{Mpa} \cdot 1,0 \cdot 1,0}{1,7 \cdot 1 \cdot \sqrt{35\text{Mpa}}} \right) \cdot 25\text{mm} = 994,29 \text{ mm} \approx 1000 \text{ mm}$$

Di sepanjang l_{d-25} , sambungan kedua tulangan harus diikat oleh sengkang tertutup dengan spasi max yang terkecil antara $d/4$ dan 100mm.

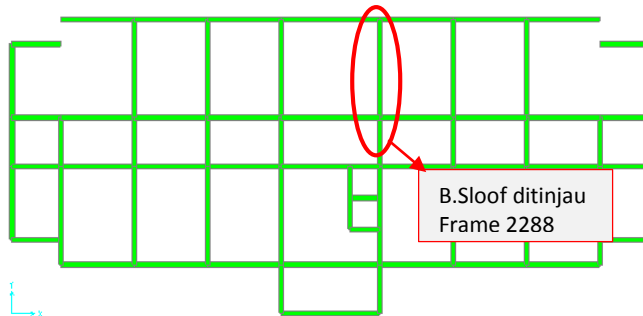
6.2.1.8 Resume Penulangan Balok Induk



Gambar 6. 25 Penulangan Balok Induk 30/80

6.2.2 Desain Struktur Balok Sloof

Contoh perhitungan tulangan balok sloof dipilih pada sloof dengan nilai momen terbesar yaitu BS (40×60) cm frame 15. Berikut ini adalah data perencanaan balok sloof berdasarkan gambar denah pembalokan, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000. Selanjutnya akan dihitung dengan metode SRPMK.



Gambar 6. 26 Denah Balok Sloof yang ditinjau

Data Perencanaan:

Tipe sloof	: BS
Bentang sloof	: 8000 mm
Dimensi sloof	: 400 x 600 mm
Kuat Tekan Beton (f_c')	: 35 MPa
Kuat Leleh Tul. Lentur (f_y)	: 400 MPa
Kuat Leleh Tul. Geser (f_{yv})	: 400 MPa
Kuat Leleh Tul. Torsi (f_{yt})	: 400 MPa
Diameter Tulangan Lentur	: D - 25
Diameter Tulangan Geser	: D - 13
Diameter Tulangan Puntir	: D - 19
Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ)	= 0,9
<i>(SNI 2847-2013 pasal 9.3.2.1)</i>	
Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ)	= 0,75
<i>(SNI 2847-2013 pasal 9.3.2.3)</i>	
Faktor reduksi kekuatan puntir (ϕ)	= 0,75
<i>(SNI 2847-2013 pasal 9.3.2.3)</i>	

6.2.2.1 Cek Syarat Komponen Struktur Penahan Gempa

Sebelum perhitungan penulangan balok sloof, harus dilakukan kontrol syarat-syarat komponen beton bertulang yang memenuhi persyaratan SRPMK sebagai berikut:

- a. Gaya tekan aksial terfaktor pada balok, $P_u < A_g \cdot f'_c / 10$

$$P_u = 70,23 \text{ kN} < \frac{(400 \times 600) \text{ mm}^2 \cdot 35 \text{ Mpa}}{10} = 840 \text{ kN} \quad (\text{OKE})$$

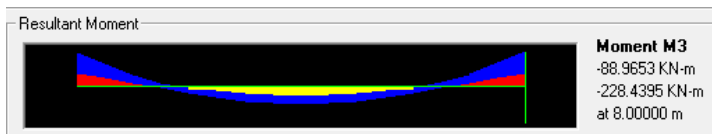
- b. Lebar komponen, $b_w \geq 0,3h$ atau 250 mm

$$b_w = 400 \text{ mm} \geq 250 \text{ mm} \quad (\text{OKE})$$

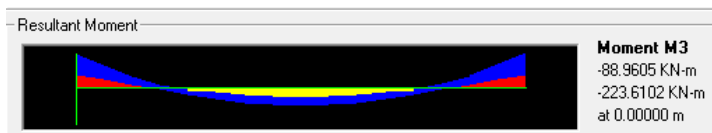
- c. Rasio lebar dan tinggi balok sloof tidak kurang dari 0,3

6.2.2.2 Perhitungan Penulangan Lentur Balok Sloof

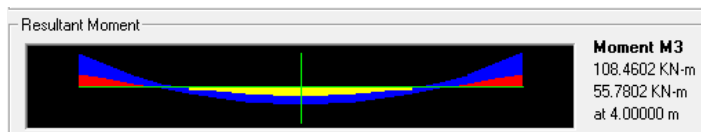
Gaya-gaya dalam yang terjadi pada balok, diperoleh menggunakan program bantu SAP 2000 v.14.



Gambar 6. 27 Hasil Output SAP Momen Tumpuan Kanan



Gambar 6. 28 Hasil Output SAP Momen Tumpuan Kiri



Gambar 6. 29 Hasil Output SAP Momen Lapangan

Tabel 6. 7 Momen Envelope pada balok akibat beban gravitasi dan beban gempa

Kondisi	Lokasi	Arah Goyangan	Mu (kN.m)
1	Tumpuan Kanan (-)	Kanan	-228.44
2	Tumpuan Kanan (+)	Kiri	-88.97
3	Tumpuan Kiri (-)	Kiri	-223.61
4	Tumpuan Kiri (+)	Kanan	-88.96
5	Lapangan	Kanan & Kiri	108.46

1. Kondisi 1 (Momen tumpuan kanan akibat goyangan ke kanan)

$$Mu = -228,44 \text{ kNm} = -228440000 \text{ Nmm}$$

- Estimasi kebutuhan tulangan awal

Cek momen nominal aktual

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{228440000}{0,9} = 253821670 \text{ Nmm}$$

Ambil harga $X_r \leq 0,75 \times x_b$ untuk mencari titik berat, dimana :

$$x_b = \frac{600}{600 + f_y} \times d = \frac{600}{600 + 400} \times 534,5 = 320,7 \text{ mm}$$

$$X_r \leq 0,75 \times 320,7 = 240,52 \text{ mm} \rightarrow \text{diambil harga } X_r = 200 \text{ mm}$$

$$A_{sc} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c \cdot b \cdot x}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 0,835 \cdot 400 \cdot 200}{400}$$

$$= 4760 \text{ mm}^2$$

$$M_{nc} = A_{sc} \cdot f_y \left(d - \frac{\beta_1 \cdot x}{2} \right)$$

$$= 4760 \cdot 400 \left[534,5 - \frac{0,8 \cdot 200}{2} \right]$$

$$M_{nc} = 1016926400 \text{ Nmm}$$

$$M_n - M_{nc} = 253821670 - 1016926400 = -763100000 \text{ Nmm}$$

Karena nilai $M_n - M_{nc} < 0$ maka tidak perlu tulangan tekan, maka digunakan perhitungan “Tulangan Tunggol”.

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{253821670 \text{ N.mm}}{400 \text{ mm} \cdot (534,5 \text{ mm})^2} = 2,22 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,445$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,445} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,445 \cdot 2,22 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$\rho = 0,0058$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \text{ Mpa}} = 0,0035$$

$$\rho_{\max} = 0,025 \text{ (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.2.1)}$$

Cek Persyaratan:

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0058 < 0,025 \quad (\text{Memenuhi})$$

Maka : As perlu = $\rho \times b \times d$

$$\text{As perlu} = 0,0058 \times 400 \text{ mm} \times 534,5 \text{ mm}$$

$$\text{As perlu} = 1235,16 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan 3-D25 \rightarrow As pakai = 1472,62 mm²

Cek apakah penampang *tension-controlled*

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1472,62 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 35 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm}} = 49,5 \text{ mm}$$

Syarat:

$$\frac{a}{d} < 0,375 \cdot \beta_1, \text{ dimana:}$$

$$\frac{a}{d} = \frac{49,5}{534,5} = 0,093 \text{ dan } 0,375 \cdot \beta_1 = 0,375 \times 0,8 = 0,3$$

Karena memenuhi syarat $\frac{a}{d} < 0,375 \cdot \beta_1$, maka desain tulangan *under-reinforced*.

Cek jarak antar tulangan:

$$s = \frac{b - 2 \cdot t - 2 \cdot \text{senggang} - (n \times D.\text{lentur})}{n - 1}$$

$$s = \frac{400\text{mm} - 2 \cdot 40\text{mm} - 2 \cdot 13\text{mm} - (3 \times 25\text{mm})}{3 - 1}$$

$$s = 109,5 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

- 2. Kondisi 2** (Momen tumpuan kanan akibat goyangan ke kiri)
 SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.2.2 mensyaratkan bahwa *kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari 1/2 kuat lentur negatifnya pada muka tersebut*.

$$Mu = -89,97 \text{ kNm}$$

$$Mu = \frac{1}{2} \cdot Mu \text{ negatif} = \frac{1}{2} \cdot 228,44 \text{ kN.m} = 114,22 \text{ kN.m}$$

Karena $114,22 \text{ kN.m} > 89,97 \text{ kN.m}$ maka yang dipakai adalah $Mu = 114,22 \text{ kN.m}$

Jika menggunakan tulangan tunggal satu lapis, maka:

$$d = 600 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - 25\text{mm}/2 = 534,5 \text{ mm}$$

$$Mn_1 = \frac{Mu}{\phi} = \frac{114,22 \text{ kN.m}}{0,9} = 126,91 \text{ kN.m}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{126910000 \text{ N.mm}}{400\text{mm} \cdot (534,5\text{mm})^2} = 1,11 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fc'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,445$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,445} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,445 \cdot 1,11N / mm^2}{400Mpa}} \right)$$

$$\rho = 0,0028$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400Mpa} = 0,0035$$

$$\rho_{\max} = 0,025 \text{ (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.2.1)}$$

Cek Persyaratan:

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 > 0,0028 < 0,025 \quad (\text{Tidak Memenuhi})$$

Karena $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$, maka dipakai ρ_{\min}

Maka : As perlu = $\rho \times b \times d$

$$\text{As perlu} = 0,0035 \times 400\text{mm} \times 534,5\text{mm}$$

$$\text{As perlu} = 748,3 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan 2-D25 \rightarrow As pakai = 981,75 mm²

Cek jarak antar tulangan:

$$s = \frac{b - 2 \cdot t - 2 \cdot \text{senggang} - (n \times D.\text{lentur})}{n - 1}$$

$$s = \frac{400\text{mm} - 2 \cdot 40\text{mm} - 2 \cdot 13\text{mm} - (2 \times 25\text{mm})}{2 - 1}$$

$$s = 244 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

3. Kondisi 3 (Momen tumpuan kiri akibat goyangan ke kiri)

Cek momen nominal aktual:

$$Mu = -223,61 \text{ kNm} = 223610000 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{223,61 \text{ kN.m}}{0,9} = 248,46 \text{ kN.m}$$

Jika diambil harga $X_r \leq 0,75 X_b$ untuk mencari titik berat, sehingga:

Jika menggunakan tulangan tunggal satu lapis, maka:

$$d = 600 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - 25\text{mm}/2 = 534,5 \text{ mm}$$

$$Xb = \frac{600}{600 + f_y} \cdot d = \frac{600}{600 + 400} \cdot 534,5\text{mm} = 320,7 \text{ mm}$$

$$Xr = 0,75 \times 320,7 \text{ mm} = 240,52 \text{ mm}$$

Maka diambil nilai $Xr = 200 \text{ mm}$

$$A_{sc} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot Xr}{f_y}$$

$$A_{sc} = \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35\text{Mpa} \cdot 400\text{mm} \cdot 200\text{mm}}{400\text{Mpa}} = 4760 \text{ mm}^2$$

$$M_{nc} = A_{sc} \cdot f_y \left(d - \frac{\beta_1 \cdot x}{2} \right)$$

$$= 4760 \cdot 400 \left[534,5 - \frac{0,8 \cdot 200}{2} \right]$$

$$M_{nc} = 1016926400 \text{ Nmm}$$

$$M_n - M_{nc} = 248460000 - 1016926400 = -768470000 \text{ Nmm}$$

Karena nilai $M_n - M_{nc} < 0$ maka tidak perlu tulangan tekan, maka digunakan perhitungan “Tulangan Tunggal”.

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{248460000 \text{ N.mm}}{400\text{mm} \cdot (534,5\text{mm})^2} = 2,17 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400\text{Mpa}}{0,85 \cdot 35\text{Mpa}} = 13,445$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,445} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,445 \cdot 2,17 \text{ N/mm}^2}{400\text{Mpa}}} \right)$$

$$\rho = 0,0057$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400\text{Mpa}} = 0,0035$$

$$\rho_{\max} = 0,025 \text{ (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.2.1)}$$

Cek Persyaratan:

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0057 < 0,025 \quad (\text{Memenuhi})$$

$$\text{Maka : As perlu} = \rho \times b \times d$$

$$\text{As perlu} = 0,0057 \times 400\text{mm} \times 534,5\text{mm}$$

$$\text{As perlu} = 1207,98 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka dipakai tulangan 3-D25} \rightarrow \text{As pakai} = 1472,62 \text{ mm}^2$$

Cek jarak antar tulangan:

$$s = \frac{b - 2 \cdot t - 2 \cdot \text{senggang} - (n \times D.\text{lentur})}{n - 1}$$

$$s = \frac{400\text{mm} - 2 \cdot 40\text{mm} - 2 \cdot 13\text{mm} - (3 \times 25\text{mm})}{3 - 1}$$

$$s = 109,5 \text{ mm} < 25 \text{ mm} \quad (\text{Tidak Memenuhi})$$

Karena tulangan 5-D25 tidak cukup dipasang satu lapis, maka akan dipasang dua lapis dengan 3 tulangan diatas dan 2 tulangan dibawah.

4. Kondisi 4 (Momen tumpuan kiri akibat goyangan ke kanan)

$$M_u = -88,96 \text{ kNm}$$

SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.2.2 mensyaratkan bahwa *kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari 1/2 kuat lentur negatifnya pada muka tersebut.*

$$M_u = 1/2 \cdot M_u \text{ negatif} = 1/2 \cdot 223,61 \text{ kN.m} = 111,81 \text{ kN.m}$$

Karena $111,81 \text{ kN.m} > -88,96 \text{ kN.m}$ maka yang dipakai adalah $M_u = 111,81 \text{ kN.m}$

Jika menggunakan tulangan tunggal satu lapis, maka:

$$d = 600 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - 25\text{mm}/2 = 534,5 \text{ mm}$$

$$M_{n1} = \frac{M_u}{\phi} = \frac{111,81 \text{ kN.m}}{0,9} = 124,23 \text{ kN.m}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{124230000 \text{ N.mm}}{400 \text{ mm} \cdot (534,5 \text{ mm})^2} = 1,09 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,445$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,445} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,445 \cdot 1,09 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$\rho = 0,0028$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \text{ Mpa}} = 0,0035$$

$$\rho_{\max} = 0,025 \text{ (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.2.1)}$$

Cek Persyaratan:

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 > 0,0028 < 0,025 \quad (\text{Tidak Memenuhi})$$

Karena $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$, maka dipakai ρ_{\min}

Maka : As perlu = $\rho \times b \times d$

$$\text{As perlu} = 0,0035 \times 400 \text{ mm} \times 534,5 \text{ mm}$$

$$\text{As perlu} = 748,3 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan 2-D25 \rightarrow As pakai = 981,75 mm²

5. Kondisi 5 (Momen lapangan akibat goyangan kanan maupun kiri)

$$M_u = 108,46 \text{ kNm}$$

SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.2.2 mensyaratkan bahwa *baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari 1/4 kuat lentur terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom tersebut.*

$$\frac{1}{4} \text{ Mu terbesar} = \frac{1}{4} \cdot 228,44 \text{ kN.m} = 57,11 \text{ kN.m}$$

Karena $108,46 \text{ kN.m} > 57,11 \text{ kN.m}$ maka yang dipakai adalah nilai $\text{Mu} = 108,46 \text{ kN.m}$

Jika menggunakan tulangan tunggal satu lapis, maka:

$$d = 600 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - 25\text{mm}/2 = 534,5 \text{ mm}$$

$$Mn_1 = \frac{Mu}{\phi} = \frac{108,46 \text{ kN.m}}{0,9} = 120,51 \text{ kN.m}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{120510000 \text{ N.mm}}{400 \text{ mm} \cdot (534,5 \text{ mm})^2} = 1,05 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fc'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,445$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,445} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,445 \cdot 1,05 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$\rho = 0,0027$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{400 \text{ Mpa}} = 0,0035$$

$$\rho_{\max} = 0,025 \text{ (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.2.1)}$$

Cek Persyaratan:

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 > 0,0027 < 0,025 \quad (\text{Tidak Memenuhi})$$

Karena $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$, maka dipakai ρ_{\min}

Maka : $\text{As perlu} = \rho \times b \times d$

$$\text{As perlu} = 0,0035 \times 400 \text{ mm} \times 534,5 \text{ mm}$$

$$As \text{ perlu} = 748,3 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan 2-D25 \rightarrow As pakai = 981,75 mm²

Tabel 6. 8 Konfigurasi Penulangan Balok Sloof

Kondisi	Lokasi	Arah Goyangan	Tulangan	As Pakai (mm ²)
1	Tumpuan Kanan (-)	Kanan	3D25	1472.6
2	Tumpuan Kanan (+)	Kiri	2D25	981.7
3	Tumpuan Kiri (-)	Kiri	3D25	1472.6
4	Tumpuan Kiri (+)	Kanan	2D25	981.7
5	Lapangan	Kanan & Kiri	2D25	981.7

6.2.2.3 Perhitungan Penulangan Geser Balok

1. Menghitung *Probable Moment Capacities* (M_{pr})

- a. Kapasitas momen ujung-ujung balok bila struktur bergoyang ke kanan

Kondisi 1 (3-D25, As = 1472,6 mm²)

$$a_{pr_1} = \frac{1,25 \cdot As \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 1472,6 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 400 \text{ mm}}$$

$$a_{pr_1} = 61,87 \text{ mm}$$

$$M_{pr_1} = 1,25 \cdot As \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a_{pr_1}}{2} \right)$$

$$M_{pr_1} = 1,25 \cdot 1472,6 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot \left(534,5 \text{ mm} - \frac{61,87 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$M_{pr_1} = 370,78 \text{ kN.m}$$

Kondisi 4 (2-D25, As = 981,75 mm²)

$$a_{pr_4} = \frac{1,25 \cdot As \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 981,75 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 400 \text{ mm}}$$

$$a_{pr_4} = 41,25 \text{ mm}$$

$$M_{pr_4} = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a_{pr_4}}{2} \right)$$

$$M_{pr_4} = 1,25 \cdot 981,75 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot \left(534,5 \text{ mm} - \frac{41,25 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$M_{pr_4} = 252,25 \text{ kN.m}$$

- b. Kapasitas momen ujung-ujung balok bila struktur bergoyang ke kiri

Kondisi 2 (2-D25, $A_s = 981,75 \text{ mm}^2$)

$$a_{pr_2} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 981,75 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 400 \text{ mm}}$$

$$a_{pr_2} = 41,25 \text{ mm}$$

$$M_{pr_2} = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a_{pr_2}}{2} \right)$$

$$M_{pr_2} = 1,25 \cdot 981,75 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot \left(534,5 \text{ mm} - \frac{41,25 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$M_{pr_2} = 252,25 \text{ kN.m}$$

Kondisi 3 (3-D25, $A_s = 1472,6 \text{ mm}^2$)

$$a_{pr_3} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 1472,6 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 400 \text{ mm}}$$

$$a_{pr_3} = 61,87 \text{ mm}$$

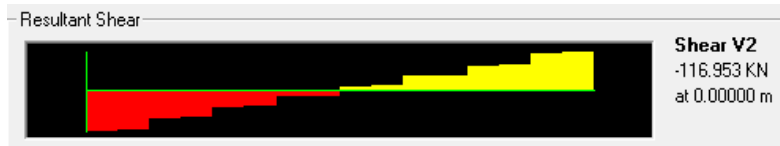
$$M_{pr_3} = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a_{pr_3}}{2} \right)$$

$$M_{pr_3} = 1,25 \cdot 1472,6 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot \left(534,5 \text{ mm} - \frac{61,87 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$M_{pr_3} = 370,78 \text{ kN.m}$$

2. Menghitung Diagram Gaya Geser

Untuk mencari reaksi geser di ujung kanan dan kiri balok akibat gaya gravitasi yang bekerja pada struktur diambil dari Output SAP 2000 dengan kombinasi 1,2D + 1,0L:



$$V_g = \frac{\omega u \cdot \ell n}{2} = 116,95 \text{ kN}$$

$$W_u = 32,26 \text{ kN/m}$$

Menghitung geser yang terjadi akibat goyangan:

- Struktur bergoyang ke kanan:

$$V_{sway} = \frac{M_{pr-1} + M_{pr-4}}{\ell n} = \frac{370,78 \text{ kN.m} + 252,25 \text{ kN.m}}{7,25 \text{ m}}$$

$$V_{sway} = 85,9 \text{ kN}$$

Total reaksi geser di ujung kiri balok:

$$= 116,95 \text{ kN} + 85,9 \text{ kN} = 202,9 \text{ kN} \quad (\text{ke atas})$$

Total reaksi geser di ujung kanan balok:

$$= 116,95 \text{ kN} - 85,9 \text{ kN} = 31,02 \text{ kN} \quad (\text{ke bawah})$$

- Struktur bergoyang ke kiri:

$$V_{sway} = \frac{M_{pr-2} + M_{pr-3}}{\ell n} = \frac{370,78 \text{ kN.m} + 252,25 \text{ kN.m}}{7,25 \text{ m}}$$

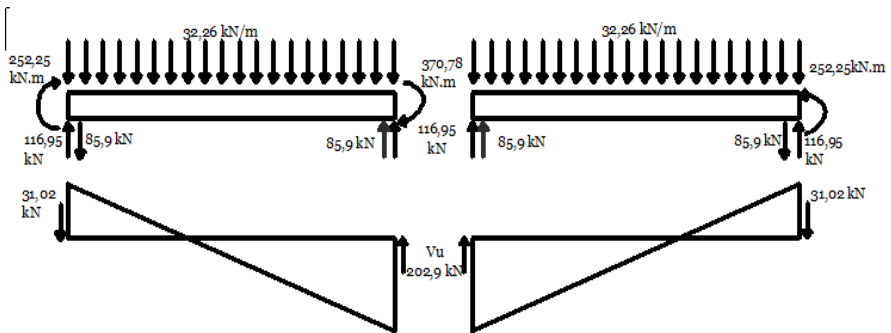
$$V_{sway} = 85,9 \text{ kN}$$

Total reaksi geser di ujung kiri balok:

$$= 116,95 \text{ kN} - 85,9 \text{ kN} = 31,02 \text{ kN} \quad (\text{ke bawah})$$

Total reaksi geser di ujung kanan balok:

$$= 116,95 \text{ kN} + 85,9 \text{ kN} = 202,9 \text{ kN} \quad (\text{ke atas})$$



Gambar 6. 30 Diagram Gaya Geser Akibat Goyangan ke Kanan dan Kiri

4. Perhitungan Kebutuhan Sengkang untuk Gaya Geser

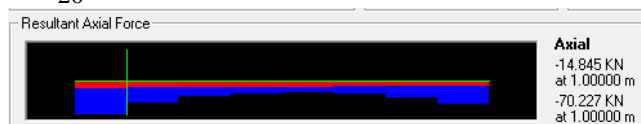
SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.4.2 mensyaratkan bahwa kontribusi beton dalam menahan geser, yaitu $V_c = 0$ pada perencanaan sendi plastis apabila:

- Gaya geser V_{sway} akibat sendi plastis di ujung-ujung balok melebihi kuat geser perlu maksimum, V_u di sepanjang bentang.

Tabel 6. 9 Gaya Geser di Muka Kolom Kiri dan Kanan

Arah Gerakan Gempa	V_{sway}	Reaksi Tumpuan Kiri		Reaksi Tumpuan Kanan		Cek Syarat
		V_u	$0,5 V_u$	V_u	$0,5 V_u$	
		(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	
Kanan	85.93	202.88	101.44	31.02	15.51	NO OK
Kiri	85.93	31.02	15.51	202.88	101.44	NO OK

- Gaya aksial tekan terfaktor akibat gaya gempa dan gravitasi $< \frac{A_g \cdot f_c'}{20}$.



Gambar 6. 31 Hasil Output SAP Gaya Aksial

Apabila diketahui $P_u = 17,24 \text{ kN}$ dan

$$\frac{A_g \cdot f_c'}{20} = (400 \text{ mm} \times 600 \text{ mm} \times 35 \text{ Mpa}) / 20 = 420 \text{ kN}$$

$$70,23 \text{ kN} < 420 \text{ kN} \quad (\text{OKE})$$

Karena nilai $V_{\text{sway}} < \frac{1}{2} V_u$ dan $P_u < A_g \cdot f_c' / 20$, maka nilai V_c dihitung sesuai persamaan:

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 300 \text{ mm} \cdot 534,5 \text{ mm} = 210,81 \text{ kN}$$

c. Muka kolom kiri dan muka kolom kanan

$$V_u = 202,88 \text{ kN}$$

Dengan demikian,

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{202,88 \text{ kN}}{0,75} - 210,81 \text{ kN} = 59,7 \text{ kN}$$

Menurut SNI 03-2847-2013 Pasal 11.4.7.9, nilai maksimum V_s adalah sebagai berikut:

$$V_s \text{ max} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 400 \text{ mm} \cdot 534,5 \text{ mm}$$

$$V_s \text{ max} = 843,24 \text{ kN}$$

Karena nilai $V_s = 59,7 \text{ kN} < 843,24 \text{ kN}$ – (*Memenuhi*)

Apabila dicoba digunakan sengkang D13 dipasang 2 kaki ($A_v = 265,46 \text{ mm}^2$)

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{265,46 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot 534,5 \text{ mm}}{59700 \text{ N}}$$

$$s = 950,6 \text{ mm},$$

sehingga dipasang sengkang **2 kaki D13-100**

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.1, diperlukan hoops (sengkang tertutup) di sepanjang $2h$ dari sisi muka kolom terdekat.

$$2h = 2 \times 600 \text{ mm} = 1200 \text{ mm}.$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.2, hoops pertama dipasang pada jarak 50mm dari muka kolom terdekat, dan berikutnya dipasang dengan spasi terkecil diantara:

- $d/4 = 534,5 \text{ mm} / 4 = 133,6 \text{ mm}$
- $6 \times D.$ tulangan longitudinal terkecil
 $6 \times 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$
- 150 mm

Dengan demikian, tulangan sengkang didaerah sendi plastis (yaitu di daerah sepanjang $2h = 1,6\text{m}$ dari muka kolom) menggunakan sengkang tertutup **2 kaki D13-100 mm**

d. **Ujung zona sendi plastis:**

Gaya geser maksimum V_u di ujung zona sendi plastis, yaitu sejarak $2h = 2 \cdot 600 \text{ mm} = 1200 \text{ mm}$ dari muka kolom adalah $202,88 \text{ kN} - (2h \cdot \omega_u) = 202,88 \text{ kN} - (1,2\text{m} \times 32,26 \text{ kN}) = 164,17 \text{ kN}$

Pada daerah ini V_c dapat diperhitungkan

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 400 \text{ mm} \cdot 534,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 210,81 \text{ kN}$$

Dengan demikian,

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{165,17 \text{ kN}}{0,75} - 210,81 \text{ kN} = 8,08 \text{ kN}$$

Menurut SNI 03-2847-2013 Pasal 11.4.7.9, nilai maksimum V_s adalah sebagai berikut:

$$V_s \text{ max} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 400 \text{ mm} \cdot 534,5 \text{ mm}$$

$$V_s \text{ max} = 843,24 \text{ kN}$$

Karena nilai $V_s = 8,08 \text{ kN} < 843,24 \text{ kN}$ – (*Memenuhi*)

Apabila dicoba digunakan sengkang D13 dipasang 2 kaki ($A_v = 265,46 \text{ mm}^2$)

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{265,46 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot 534,5 \text{ mm}}{8080 \text{ N}}$$

$$s = 7020,8 \text{ mm},$$

sehingga digunakan sengkang **2 kaki D13-150 mm**

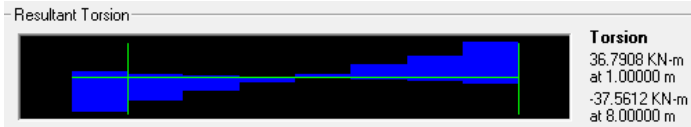
Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.4, spasi maksimum tulangan geser disepanjang balok SRPMK adalah $d/2$.

$$S_{\max} = d/2 = 534,5 \text{ mm} / 2 = 267,25 \text{ mm}$$

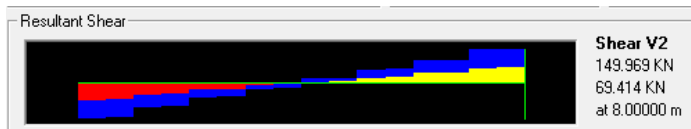
Dari hasil perhitungan diatas, untuk bentang di luar zona sendi plastis digunakan sengkang **2 kaki D13-150 mm**.

6.2.2.4 Perhitungan Tulangan Torsi

Dari hasil analisis SAP 200 diperoleh nilai-nilai berikut:



Gambar 6. 32 Hasil Output SAP Gaya Torsi



Gambar 6. 33 Hasil Output SAP Gaya Geser

- Periksa kecukupan penampang menahan momen torsi terfaktor berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.5.3.1:

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{T_u p_h}{1,7 A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w d} + 0,66 \sqrt{f'c} \right)$$

$$b_h = b - 2 \times t - \phi_{\text{sengkang}} = 400 - 2 \times 40 - 13 = 307 \text{ mm}$$

$$h_h = h - 2 \times t - \phi_{sengkan} = 600 - 2 \times 40 - 13 = 507 \text{ mm}$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang:

$$p_h = 2 \times (b_h + h_h) = 2 \times (307 + 507) = 1628 \text{ mm}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang:

$$A_{oh} = b_h \times h_h = 307 \times 507 = 155649 \text{ mm}^2$$

$$V_c = 0,17 \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d = 0,17 \cdot \sqrt{35} \cdot 400 \cdot 534,5 = 161269,377 \text{ N}$$

Torsi maksimum beton non-prategang:

$$Tu = \phi \cdot \frac{\sqrt{f_c'}}{3} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$Tu = 0,75 \cdot \frac{\sqrt{35}}{3} \cdot \left(\frac{240000^2}{2000} \right) = 42595774,4 \text{ Nmm}$$

Torsi Minimum:

$$Tu_{\min} = \phi \cdot 0,083 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

Dimana:

A_{cp} = Luas penampang keseluruhan

P_{cp} = Keliling penampang keseluruhan

$\Lambda = 1$ (beton normal) SNI 2847-2013 pasal 8.6.1

$\phi = 0,75$ (faktor reduksi beban torsi)

$$A_{cp} = b \times h = 300 \text{ mm} \times 800 \text{ mm} = 240000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2 \times (b + h) = 2 \times (300 \text{ mm} + 800 \text{ mm}) = 2200 \text{ mm}$$

$$Tu_{\min} = 0,75 \cdot 0,083 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot \left(\frac{240000^2}{2000} \right) = 10606347,8 \text{ N.mm}$$

Karena nilai Tu terjadi $> Tu_{\min}$, maka dipakai Tu pakai = 37560000 Nmm

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1,7 A_{oh}^2}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{149970}{400.534,5}\right)^2 + \left(\frac{37560000 \times 1628}{1,7 \cdot (155649)^2}\right)^2} = 1,64 \text{ Mpa}$$

$$\phi \left(\frac{V_c}{b_w d} + 0,66 \sqrt{f'c} \right) = 0,75 \cdot \left(\frac{161269,37}{400.534,5} + 0,66 \sqrt{35} \right) = 3,49 \text{ Mpa}$$

Cek kecukupan penampang menahan torsi terfaktor:

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1,7 A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w d} + 0,66 \sqrt{f'c} \right) \rightarrow (\text{Memenuhi})$$

4. Periksa persyaratan Pengaruh puntir berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.5.1, yaitu pengaruh puntir dapat diabaikan jika :

$$Tu < Tu_{\min}$$

$$Tu < \phi \cdot 0,083 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

Periksa persyaratan pengaruh momen puntir:

$$Tu < Tu_{\min} \text{ (Pasang Tulangan Torsi Minimum)}$$

7. Perhitungan Tulangan Transversal Penahan Torsi

Dalam menghitung penulangan transversal penahan torsi, nilai A_o dapat diambil sama dengan $0,85 \cdot A_{oh}$ dan nilai $\Theta = 45^\circ$

(SNI 2847-2013 pasal 11.5.3.6)

$$A_o = 0,85 \cdot A_{oh} = 0,85 \times 155649 = 132301,65 \text{ mm}^2$$

$$T_n = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_T \cdot f_{yt}}{s} \cdot \cot \theta$$

$$\frac{Tu}{\phi} = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_T \cdot f_{yt}}{s} \cdot \cot \theta$$

$$\frac{At}{s} = \frac{Tu}{\phi \cdot 2 \cdot A_o \cdot f_{yt} \cdot \cot \theta}$$

$$\frac{At}{s} = \frac{37560000}{0,75.2.132301,65.400.\cot 45^\circ} = 0,473 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Tulangan sengkang daerah tumpuan sebelum torsi:

$$\frac{Av}{s} = \frac{Vs}{fyv.d} = \frac{59700}{400.534,5} = 0,279 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Kebutuhan tulangan sengkang setelah torsi:

$$\frac{Avt}{s} = \frac{Av}{s} + 2\frac{At}{s} = 0,279 + 2(0,473) = 1,226 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Tulangan sengkang terpasang daerah tumpuan sebelum torsi
2kaki D13 – 100:

$$\frac{Av_{pakai}}{s} = \frac{2 \times 0,25 \times \pi \times 13^2}{100} = 2,65 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Karena $\frac{Av_{pakai}}{s} > \frac{Avt}{s}$, maka tulangan sengkang terpasang sudah cukup untuk menahan torsi.

Jadi digunakan sengkang **2kaki D13 – 100 mm**

**Tulangan sengkang daerah lapangan sebelum torsi =
2kaki D13 – 150 mm**

Dengan perhitungan yang sama, tulangan sengkang setelah ditambah torsi menjadi: **2kaki D13 – 150 mm.**

8. Perhitungan Tulangan Longitudinal Penahan Torsi

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.5.3.7 tulangan torsi lentur dihitung dengan rumus:

$$A\lambda = \frac{At}{s} \cdot p_h \left(\frac{fyv}{fyt} \right) \cdot \cot^2 \theta$$

Sehingga,

$$A\lambda = 0,473.1628 \cdot \left(\frac{400}{400} \right) \cdot 1 = 770,31 \text{ mm}^2$$

Untuk mendistribusikan A_λ secara sama, diasumsikan $1/4 A_\lambda$ ditempatkan di dua sudut teratas dan $1/4 A_\lambda$ di dua sudut terbawah untuk ditambahkan pada batang tulangan lentur. Penyeimbangannya, $1/2 A_\lambda$ didistribusikan secara sama pada muka-muka vertikal irisan penampang web balok dengan spasi pusat ke pusat tidak melebihi 300 mm.

$$\frac{A_\lambda}{4} = 192,58 \text{ mm}^2$$

Digunakan batang 2D13 mm = 265,46 mm² di pasang pada sisi samping kiri dan kanan penampang web balok sepanjang tumpuan maupun lapangan.

6.2.2.5 Kontrol Retak Balok

Pengecekan jarak tulangan terhadap kontrol retak dilakukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 10.6.4.

$$\text{Syarat: } s = 380 \cdot \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5 \cdot c_c$$

$$f_s = \frac{2}{3} \cdot f_y = \frac{2}{3} \cdot 400 \text{ Mpa} = 266,67 \text{ Mpa}$$

Dengan c_c merupakan jarak terkecil dari permukaan tulangan ke muka tarik, sehingga $c_c = 20$ mm

$$\text{Sehingga: } s = 380 \cdot \left(\frac{280}{266,67} \right) - 2,5 \cdot 40 = 298,99 \text{ mm}$$

$$\text{dan tidak melebihi } s_{\max} = 300 \cdot \left(\frac{280}{f_s} \right)$$

$$s_{\max} = 300 \cdot \left(\frac{280}{266,67} \right) = 315 \text{ mm}$$

Jarak antar tulangan dipakai = 244 mm < 315 mm (OKE)

6.2.1.6 Cut-off Points

1. Tulangan negatif di muka kolom kanan dan kiri

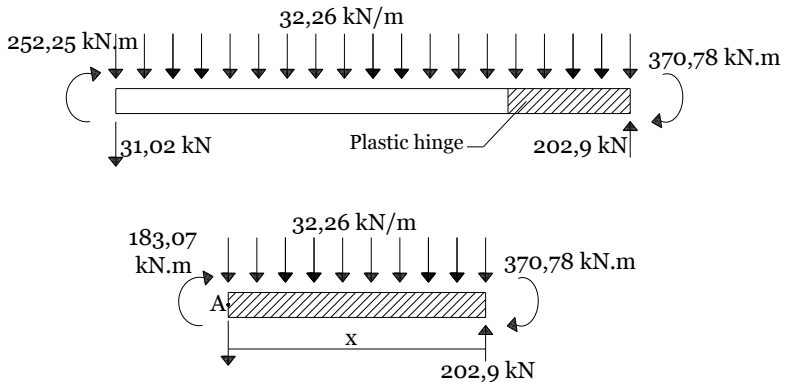
Jumlah tulangan atas terpasang adalah 3D25. Dua buah tulangan atas D25 akan dipasang menerus di sepanjang bentang. Satu buah tulangan sisanya akan dicut-off, sehingga $A_s \text{ sisa} = 981,7 \text{ mm}^2$. Kuat lentur rencana dengan

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{981,7 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 400 \text{ mm}} = 32,99 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = \phi \cdot A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 981,7 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \left(534,5 \text{ mm} - \frac{32,99 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 183,07 \text{ kNm}$$



Gambar 6. 34 Sketsa Lokasi Penampang dengan Momen 183,07 kNm pada Balok B1 saat mengalami Goyangan ke Kanan

Untuk mengetahui lokasi penampang dengan momen negatif rencana 183,07 kNm pada balok, ambil penjumlahan momen di titik A, yaitu:

$$32,26 \cdot x \left(\frac{1}{2} x \right) - 202,9x + (370,78 - 252,25) = 0$$

$$16,13x^2 - 202,9x + 118,53 = 0$$

Dengan menggunakan rumus abc didapatkan:

$$x_{12} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} = \frac{202,9 \pm \sqrt{(-202,9)^2 - 4(16,13 \times 118,53)}}{2 \times 16,13}$$

$$x_1 = 11,96 \text{ m}$$

$$x_2 = 0,61 \text{ m}$$

Momen rencana 183,07 kNm terletak di 0,61m baik dari muka kolom kanan maupun kiri. Data ini dipakai untuk menentukan lokasi cut-off point untuk tulangan 1D25.

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 12.12.3, mengharuskan setidaknya 1/3 tulangan tarik momen negatif pada tumpuan harus ditanam melewati titik belok tidak kurang dari d , $12d_b$, $l_n/16$.

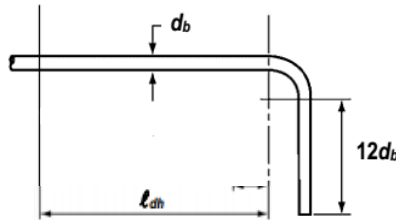
Jadi, tulangan 1D25 harus ditanam sepanjang yang terbesar diantara:

1. $610\text{mm} + d = 610\text{mm} + 534,5\text{mm} = 1144,5 \text{ mm}$
2. $610\text{mm} + (12 \times 25\text{mm}) = 910 \text{ mm}$
3. $610\text{mm} + 7250\text{mm} / 16 = 1063,13 \text{ mm}$

Maka tulangan 1D25 ditanamkan sejauh 1200 mm dari muka kolom kanan dan kiri.

6.2.1.7 Panjang Penyaluran

a. Panjang Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Kondisi Tarik



Gambar 6. 35 Detail Tulangan untuk Penyaluran Kait Standar

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.7.5.1, nilai l_{dh} harus memenuhi:

$$l_{dh} = \frac{f_y \cdot d_b}{5,4 \cdot \sqrt{f_c'}}$$

$$l_{dh} = \frac{400 \times 25}{5,4 \cdot \sqrt{35}} = 313,02 \text{ mm} \approx 350 \text{ mm}$$

Tetapi tidak boleh kurang dari:

- $8 \cdot d_b = 8 \times 25 \text{ mm} = 200 \text{ mm}$
- 150 mm

Panjang kait = $12 \cdot d_b = 12 \times 25 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$

b. Panjang Penyaluran Tulangan Tekan

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 12.3.2:

$$l_{dc1} = \left(\frac{0,24 \cdot f_y}{\lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) \cdot d_b = \left(\frac{0,24 \cdot 400}{1 \cdot \sqrt{35}} \right) \cdot 25 = 405,67 \text{ mm}$$

$$l_{dc2} = 0,043 \cdot f_y \cdot d_b = 0,043 \cdot 400 \cdot 25 = 430 \text{ mm}$$

Diambil terbesar yakni $l_{dc} = 450 \text{ mm}$

c. Panjang Penyaluran Tulangan Tarik

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2.2 panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tarik untuk $D > 22 \text{ mm}$, (D25) yang dibuat kontinu, masing-masing harus di lap-splices satu sama lain minimum sepanjang l_{d-25} :

Diketahui nilai: $d_b = 25 \text{ mm}$ $\psi_s = 1,0$

$\psi_t = 1,0$ $\lambda = 1,0$

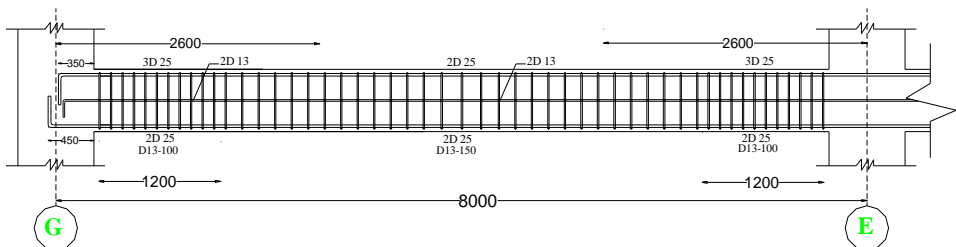
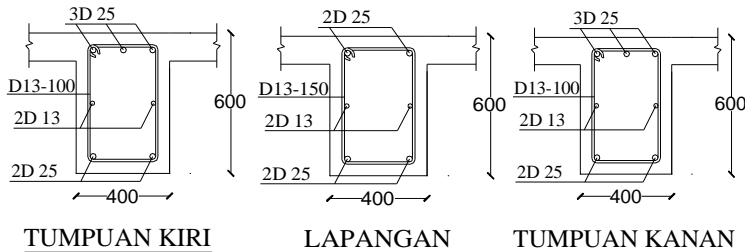
$\psi_e = 1,0$

$$\ell d = \left(\frac{f_y \cdot \psi_t \cdot \psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) \cdot d_b$$

$$\ell d = \left(\frac{400 \text{ Mpa} \cdot 1,0 \cdot 1,0}{1,7 \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}}} \right) \cdot 25 \text{ mm} = 994,29 \text{ mm} \approx 1000 \text{ mm}$$

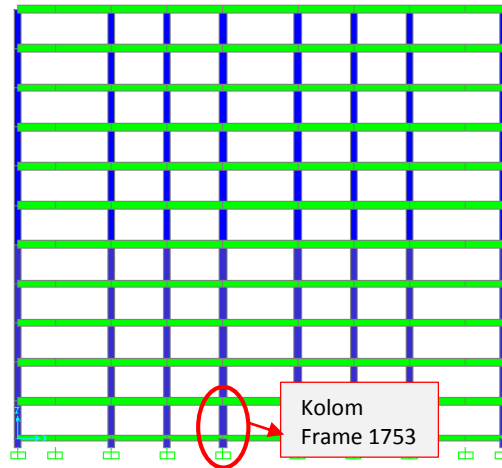
Di sepanjang ℓ_{d-25} , sambungan kedua tulangan harus diikat oleh sengkang tertutup dengan spasi max yang terkecil antara $d/4$ dan 100mm.

6.2.1.8 Resume Penulangan Balok Sloof



Gambar 6. 36 Penulangan Balok Sloof 40/60

6.2.3 Desain Struktur Kolom



Gambar 6. 37 Kolom yang ditinjau

Data Perencanaan:

Tinggi kolom	= 4,0 m = 4000 mm
Dimensi kolom	= 750 mm x 750 mm
Mutu beton	= 35 Mpa
Mutu baja f_y	= 400 Mpa
Diameter Tulangan Lentur	= D25 mm
Diameter Tulangan Geser	= D13 mm

Dari program bantu SAP 2000 v.14, didapatkan gaya-gaya maksimum yang terjadi pada kolom adalah sebagai berikut:



Pu Kolom Atas = 6583,59 kN



Pu Kolom Design = 7302,09 kN

6.2.3.1 Cek Syarat Komponen Struktur Penahan Gempa

Sebelum perhitungan penulangan kolom, harus dilakukan kontrol syarat-syarat komponen beton bertulang yang memenuhi persyaratan SRPMK sebagai berikut:

- a. Gaya tekan aksial terfaktor pada kolom, $P_u > A_g \cdot f'_c / 10$

$$P_u = 7302,09 \text{ kN} > \frac{(750 \times 750) \text{ mm}^2 \cdot 35 \text{ MPa}}{10} = 1968,7 \text{ kN (OKE)}$$

- b. Sisi terpendek penampang kolom tidak kurang dari **300 mm**

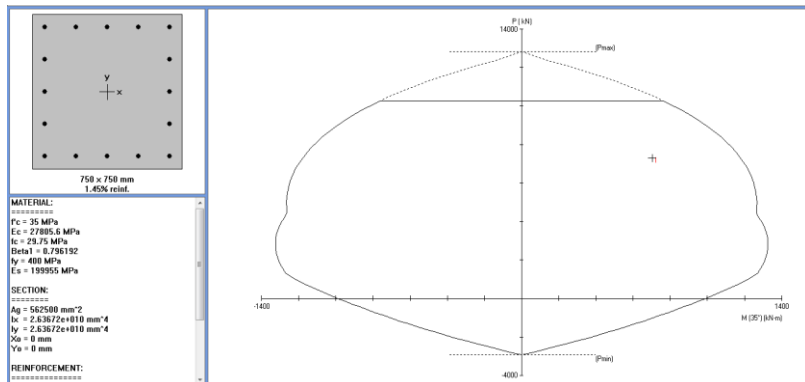
$$\text{Sisi terpendek kolom} = 750 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm} \quad (\text{OKE})$$

- c. Rasio lebar dan tinggi balok tidak kurang dari 0,4

$$\frac{750}{750} = 1,0 > 0,4 \quad (\text{OKE})$$

6.2.3.2 Perhitungan Tulangan Longitudinal Penahan Lentur

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.6.3.1, luas tulangan longitudinal dibatasi tidak boleh kurang dari $0,01A_g$ atau lebih dari $0,06A_g$. Untuk mendapatkan konfigurasi tulangan memanjang, digunakan program bantu SPColoumn dan diperoleh hasil sebagai berikut:



Gambar 6. 38 Diagram Interaksi pada Program SPColoumn

Didapatkan konfigurasi penulangan 16-D25 untuk menahan gaya-gaya yang ada pada kolom dengan $\rho = 1,45$ atau 0,0145 sehingga nilai $0,01 < \rho < 0,06$ telah terpenuhi.

6.2.3.3 Cek Syarat “Strong Coloumn Weak Beam”

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.2.2, kekuatan kolom harus memenuhi nilai $\sum M_{nc} \geq 1,2 \cdot \sum M_{nb}$, dimana perhitungannya sebagai berikut:

a. Menentukan nilai $\sum M_{nb}$:

- Menentukan lebar efektif balok

Lebar balok (bw) = 300 mm

Tinggi balok (hw) = 800 mm

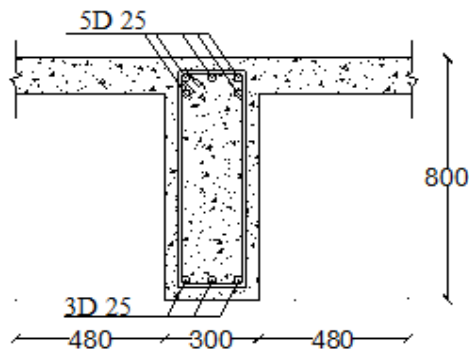
Tebal pelat (hf) = 120 mm

be = bw + 8 hf = 300 mm + 8 . 120 mm = 1260 mm

be = bw + 2 hw = 300 mm + 2 . 800 mm = 1900 mm

Dipilih nilai terkecil, maka: be = 1260 mm.

- Menghitung tinggi efektif



Gambar 6. 39 Penampang Balok dan Pelat untuk Menentukan Tinggi Efektif

As tul. lentur atas balok = 5D25 = 2454,37 mm²

As tul. lentur bawah balok = 3D25 = 1472,62 mm²

Luas tul. atas (As tarik) = As tarik balok + As pelat

$$= 2454,37 \text{ mm}^2 + \left(2 \times 4 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \right) = 3082,69 \text{ mm}^2$$

$$y = \frac{2454,37 \cdot \left(40 + 13 + 25 + \frac{25}{2} \right) + \left(4 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 10^2 \right) \cdot \left(25 + \frac{13}{2} \right) + \left(4 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 10^2 \right) \left(120 - 25 - \frac{13}{2} \right)}{3082,69}$$

$$y = 84,28 \text{ mm}$$

$$d \text{ tekan} = h - y = 800 \text{ mm} - 84,28 \text{ mm} = 715,72 \text{ mm}$$

$$d \text{ tarik} = h - t - \text{senggang} - d. \text{ lentur} - d. \text{ lentur} / 2$$

$$d \text{ tarik} = 800 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - 25 \text{ mm} - 25 \text{ mm} / 2$$

$$d \text{ tarik} = 709,5 \text{ mm}$$

- Menentukan M_{nb}^- dan M_{nb}^+

$$\alpha = \frac{As \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{2454,37 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 300 \text{ mm}} = 110 \text{ mm}$$

$$M_{nb}^- = As \cdot f_y \left(d - \frac{\alpha}{2} \right)$$

$$M_{nb}^- = 2454,37 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot \left(709,5 \text{ mm} - \frac{110 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$M_{nb}^- = 578298599 \text{ N.mm} = 578,29 \text{ kN.m}$$

$$\alpha = \frac{As \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1472,62 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 300 \text{ mm}} = 65,99 \text{ mm}$$

$$M_{nb}^+ = As \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{\alpha}{2} \right)$$

$$M_{nb}^+ = 1472,62 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot \left(715,72 \text{ mm} - \frac{65,99 \text{ mm}}{2} \right) M_{nb}^+$$

$$= 358642295 \text{ N.mm} = 358,64 \text{ kN.m}$$

$$\text{Maka } \sum M_{nb} = M_{nb}^- + M_{nb}^+ = 578,29 \text{ kN} + 358,64 \text{ kN}$$

$$\sum M_{nb} = 936,94 \text{ kN}$$

$$1,2 \cdot \sum M_{nb} = 1,2 \times 936,94 \text{ kN} = 1124,33 \text{ kN}$$

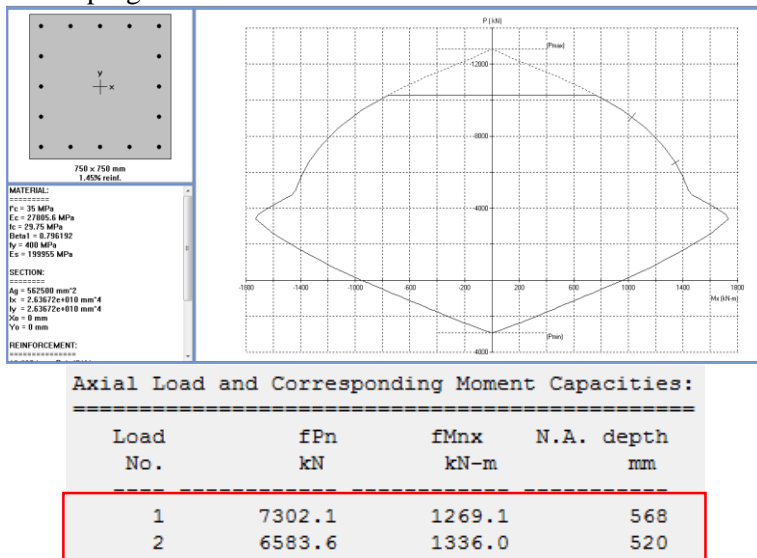
b. Menentukan nilai $\sum M_{nc}$:

Untuk menentukan nilai M_{nc} , didapatkan dari diagram interaksi P-M antara kolom atas dengan kolom bawah (yang ditinjau) dengan program bantu SpColumn. Untuk gaya-gaya kolom atas yang terjadi adalah sebagai berikut:

Pu Kolom Atas = 6583,59 kN

Pu Kolom Desain = 7302,09 kN

Berikut hasil diagram interaksi kolom desain dan kolom atas dari program PcaColumn:



Gambar 6. 40 Output Diagram Interaksi P-M Kolom Desain

Dari gambar diatas, didapatkan nilai M_{nc} kolom design dan M_{nc} kolom atas yakni:

M_{nc} kolom design = 1269,1 kN.m

M_{nc} kolom atas = 1336,0 kN.m

$$\sum M_{nc} = M_{nc_bawah} + M_{nc_atas}$$

$$\sum M_{nc} = 1269,1 \text{ kN.m} + 1336,0 \text{ kN.m} = 2605,1 \text{ kN.m}$$

$$\text{Maka dilakukan cek syarat } \sum M_{nc} \geq 1,2 \cdot \sum M_{nb}$$

$$2605,1 \text{ kN.m} \geq 1124,33 \text{ kN.m} \quad (\text{Memenuhi})$$

Maka syarat “*strong coloumn weak beam*” telah terpenuhi.

6.2.3.4 Perhitungan Tulangan Transversal sebagai *Confinement*

- a. Tentukan daerah pemasangan tulangan sengkang persegi (*hoop*) . Tulangan *hoop* diperlukan sepanjang ℓ_0 dari ujung-ujung kolom dengan ℓ_0 merupakan nilai terbesar berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.4.1:

- Tinggi komponen struktur pada muka joint, $h = 750 \text{ mm}$

- 1/6 bentang bersih komponen struktur

$$\frac{1}{6} \cdot \ell_n = \frac{1}{6} \cdot (4000\text{mm} - 800\text{mm}) = 533,33 \text{ mm}$$

- 450mm

Maka digunakan yang paling besar, yakni $\ell_0 = 750 \text{ mm}$

- b. Tentukan spasi maksimum *hoop*, s_{\max} pada daerah sepanjang ℓ_0 dari ujung-ujung kolom. Nilai s_{\max} merupakan nilai terbesar berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.4.3:

- $\frac{1}{4}$ dimensi komponen struktur minimum:

$$\frac{1}{4} \cdot 750 \text{ mm} = 187,5 \text{ mm}$$

- $6 \times db = 6 \cdot 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$

- Nilai s_0 , dimana: $s_0 = 100 + \frac{350 - 0,5 \cdot h_x}{3}$

$$h_x = \frac{2}{3} \times (750 \text{ mm} - 2 \times 40 \text{ mm} - 2 \times 13 \text{ mm}) = 429,33 \text{ mm}$$

$$s_0 = 100 + \left(\frac{350 - 0,5 \cdot 429,33\text{mm}}{3} \right) = 73,56 \text{ mm}$$

Namun, nilai s_0 tidak perlu diambil kurang dari 100 mm

Sehingga $s_0 = 100$ mm

Maka diambil nilai yang terkecil yakni $s_{\max} = 100$ mm

c. Penentuan luas tulangan *confinement*

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.4.4, untuk daerah sepanjang ℓ_0 dari ujung-ujung kolom total luas penampang *hoop* tidak boleh kurang dari salah satu yang terbesar diantara:

$$A_{sh1} = 0,3 \cdot \left(\frac{s \cdot b_c \cdot f_c'}{f_{yt}} \right) \cdot \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \text{ dan } A_{sh2} = \frac{0,09 \cdot s \cdot b_c \cdot f_c'}{f_{yt}}$$

b_c = lebar penampang inti beton (yang terkekang)

$$= b_w - 2 \times (t + 0,5 \cdot d_b)$$

$$= 750 - 2 \times (40\text{mm} + 0,5 \cdot 13\text{mm}) = 657 \text{ mm}$$

A_{ch} = luas penampang inti beton

$$= (b_w - 2 \cdot t) \times (b_w - 2 \cdot t)$$

$$= (750 \text{ mm} - 2 \cdot 40\text{mm}) \times (750 \text{ mm} - 2 \cdot 40\text{mm})$$

$$= 448.900 \text{ mm}^2$$

Sehingga:

$$A_{sh1} = 0,3 \cdot \left(\frac{100\text{mm} \cdot 657\text{mm} \cdot 35\text{Mpa}}{400\text{Mpa}} \right) \cdot \left(\frac{750\text{mm} \cdot 750\text{mm}}{448.900\text{mm}^2} - 1 \right)$$

$$A_{sh1} = 436,438 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh2} = \frac{0,09 \cdot 100\text{mm} \cdot 657\text{mm} \cdot 35\text{Mpa}}{400\text{Mpa}} = 517,387 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai yang terbesar yakni $A_{sh} = 517,387 \text{ mm}^2$

Digunakan sengkang (*hoop*) 4 kaki D13 - 100 disepanjang ℓ_0 :

$$A_{sh} = 4 \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (13\text{mm})^2 \right) = 530,93\text{mm}^2 > 517,387 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.4.5, untuk daerah sepanjang sisa tinggi kolom bersih (tinggi kolom total dikurangi ℓ_0 di masing-masing ujung kolom) diberi *hoops* dengan spasi minimum yakni:

- $6 \cdot db = 6 \cdot 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$
- 150 mm

Maka dipakai yang terkecil yakni $s = 150 \text{ mm}$

Sehingga digunakan spasi 4D13 - 150 untuk daerah diluar ℓ_0 .

6.2.3.5 Perhitungan Gaya Geser Desain (V_e)

Gaya geser desain yang digunakan untuk menentukan jarak dan luas tulangan transversal ditentukan dari nilai (i) dan (ii) dimana V_e tidak perlu lebih besar dari nilai (i), dan harus melebihi nilai (ii):

$$\text{i. } V_{\text{sway}} = \frac{M_{\text{prb_atas}} \cdot DF_{\text{atas}} + M_{\text{prb_bawah}} \cdot DF_{\text{bawah}}}{\ell_n}$$

ii. V_u hasil analisis struktur

a. Menghitung V_{sway}

Untuk nilai V_{sway} didapatkan dari nilai M_{pr} tulangan balok terpasang yang telah diketahui dari perhitungan balok sebelumnya yakni:

Dimana: $DF_{\text{atas}} = 0,51$ dan $DF_{\text{bawah}} = 0,49$

Karena kolom lantai atas dan kolom lantai bawah (desain) mempunyai kekakuan yang sama, maka:

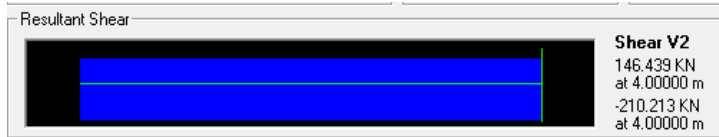
$$V_{\text{sway}} = \frac{M_{\text{prb_atas}} \cdot DF_{\text{atas}} + M_{\text{prb_bawah}} \cdot DF_{\text{bawah}}}{\ell_n}$$

$$V_{\text{sway}} = \frac{1327,45 \text{ kN.m} \times 0,51 + 1327,45 \times 0,49 \text{ kN.m}}{3,25 \text{ m}}$$

$$V_{\text{sway}} = 408,44 \text{ kN}$$

- b. Hitung V_u akibat gaya geser terfaktor hasil analisis struktur (menggunakan program bantu SAP 2000 v.14).

Dari program SAP 2000 v.14, didapatkan gaya geser maksimum pada kolom yang ditinjau yakni sebesar:



$$V_u = 210,21 \text{ kN}$$

- c. Kontrol

- Nilai V_e tidak perlu lebih besar dari V_{sway} , sehingga digunakan nilai $V_e = 408,44 \text{ kN}$
- Nilai V_u harus lebih besar dari V_u akibat gaya geser terfaktor hasil analisis struktur dimana $408,44 \text{ kN} > 210,21 \text{ kN}$ (OKE)

- d. Cek kontribusi beton dalam menahan gaya geser, V_c

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.5.2, kontribusi beton akan diabaikan dalam menahan gaya geser rencana apabila:

- Apabila nilai $V_e > \frac{1}{2} V_u$
 $408,44 \text{ kN} > 210,21 \text{ kN} / 2$
- Apabila $P_u > \frac{A_g \cdot f_c'}{20}$

$$\frac{(750\text{mm} \cdot 750\text{mm}) \cdot 35\text{Mpa}}{20} = 984,375 \text{ kN}$$

$$P_u = 7302,09 \text{ kN} > 984,375 \text{ kN} \text{ (OKE)}$$

Karena kedua nilai tersebut terpenuhi, maka kontribusi V_c dapat diperhitungkan, sehingga:

$$d = 750 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - 25\text{mm}/2 = 684,5 \text{ mm}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 750 \text{ mm} \cdot 684,5 \text{ mm} = 506194,6 \text{ N} \\ = 506,19 \text{ kN}$$

- e. Hitung kebutuhan tulangan transversal untuk menahan gaya geser rencana.

- Cek apakah dibutuhkan tulangan geser:

$$\frac{V_u}{\phi} > \frac{1}{2} V_c$$

$$\frac{408,44}{0,75} = 544,59 \text{ kN} > \frac{1}{2} \times 506,19 = 253,1 \text{ kN}$$

Karena $\frac{V_u}{\phi} > \frac{1}{2} V_c$, maka perlu tulangan geser.

- Cek apakah cukup dipasang tulangan geser minimum:

$$\frac{V_u}{\phi} > V_c + \frac{1}{3} \cdot b_w \cdot d$$

$$\frac{456,65}{0,75} > 506,19 + \frac{1}{3 \times 10^3} \cdot 750 \cdot 684,5$$

$$544,59 \text{ kN} < 677,32 \text{ kN}$$

Karena $\frac{V_u}{\phi} < V_c + \frac{1}{3} \cdot b_w \cdot d$, sehingga hanya diperlukan tulangan geser minimum.

$$A_{v-\min} = \frac{1}{3} \cdot \frac{b_w \cdot s}{f_y}$$

Karena sebelumnya telah dipasang tulangan confinement **4 kaki D13 – 100**, maka:

$$A_{v-\min} = \frac{1}{3} \cdot \frac{750 \cdot 100}{400} = 62,5 \text{ mm}^2$$

Sementara itu Ash untuk **4 kaki D13 – 100**:

$$\text{Ash} = 530,93 \text{ mm}^2 > A_{v_{\min}} = 62,5 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)}$$

Karena $\text{Ash} > A_{v_{\min}}$ dan $V_s < V_s \text{ desain}$, maka persyaratan kekuatan geser terpenuhi.

Sehingga tulangan transversal penahan geser tidak perlu diperhitungkan dan digunakan hasil perhitungan tulangan transversal sebagai *confinement* yakni **4D13 - 100**.

6.2.3.6 Perhitungan Sambungan Lewatan

Karena seluruh tulangan pada sambungan lewatan disalurkan pada lokasi yang sama, maka sambungan lewatan yang digunakan menurut SNI 2847-2013 pasal 12.15.1 tergolong kelas B. Dimana:

- Untuk sambungan kelas B panjang minimum sambungan lewatannya adalah $1,3 \cdot \ell d$.
- Untuk baja tulangan dengan D-25mm,

$$\ell d = \left(\frac{f_y \cdot \psi_t \cdot \psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) \cdot d_b \text{ (Tabel SNI 2847-2013 pasal 12.2.2)}$$

Dimana: $d_b = 25 \text{ mm}$

$$\psi_t = 1,0 \qquad \psi_s = 1,0$$

$$\psi_e = 1,0 \qquad \lambda = 1,0$$

$$\ell d = \left(\frac{400 \text{ Mpa} \cdot 1,0 \cdot 1,0}{1,7 \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}}} \right) \cdot 25 \text{ mm} = 992,29 \text{ mm} \approx 1000 \text{ mm}$$

$$1,3 \cdot \ell d = 1,3 \times 1000 \text{ mm} = 1300 \text{ mm} \approx 1300 \text{ mm}$$

Jadi digunakan sambungan lewatan sepanjang 1,3 m.

6.2.4 Desain Hubungan Balok-Kolom (HBK)

a. Cek syarat panjang joint

Dimensi kolom yang sejajar dengan tulangan balok tidak boleh kurang dari 20 kali diameter tulangan longitudinal terbesar berdasarkan (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.7.2.3)

$$b = h = 750 \text{ mm}$$

$$20 \cdot d_b = 20 \cdot 25 \text{ mm} = 500 \text{ mm} < 750 \text{ mm} \text{ (OKE)}$$

b. Menentukan luas efektif joint, A_j

A_j merupakan perkalian tinggi joint dengan lebar joint efektif berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.7.4.1

Lebar balok, $b = 300 \text{ mm}$

Tinggi kolom, $h = 750 \text{ mm}$

$$x = (750\text{mm} - 300\text{mm}) / 2 = 225 \text{ mm}$$

Tinggi joint = tinggi keseluruhan kolom, $h = 750 \text{ mm}$

Lebar joint efektif merupakan nilai yang terkecil dari:

$$\bullet b + h = 300 \text{ mm} + 750 \text{ mm} = 1050 \text{ mm}$$

$$\bullet b + 2x = 300 + 2 \cdot 225 \text{ mm} = 750 \text{ mm}$$

Maka $A_j = \text{tinggi joint} \times \text{lebar efektif joint}$

$$A_j = 750 \text{ mm} \times 750 \text{ mm} = 562.500 \text{ mm}^2$$

c. Hitung tulangan transversal untuk *confinement*

Untuk joint interior, jumlah tulangan *confinement* setidaknya setengah dari tulangan *confinement* yang dibutuhkan di ujung-ujung kolom. Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.7.3.2, spasi vertikal tulangan *confinement* diizinkan untuk diperbesar hingga 150 mm.

$$\frac{A_{sh}}{s} \text{ joint} = 0,5 \cdot \frac{A_{sh}}{s} \text{ kolom} = 0,5 \cdot \frac{530,93\text{mm}^2}{100\text{mm}}$$

$$\frac{A_{sh}}{s} = 2,65 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$A_{sh} = 2,65\text{mm}^2 / \text{mm} \cdot s = 2,65\text{mm}^2 / \text{m} \cdot 150\text{mm}$$

$$A_{sh} = 398,2 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipakai sengkang 4 kaki D13} = 530,93 \text{ mm}^2$$

d. Hitung gaya geser pada joint

• Hitung M_e

Balok yang memasuki joint, memiliki:

$$M_{pr}^+ = 817,0 \text{ kN.m}$$

$$M_{pr}^- = 510,45 \text{ kN.m}$$

Karena elevasi antara kolom atas dengan bawah sama maka kekakuannya juga sama, $DF_{atas} = DF_{bawah} = 0,5$

Sehingga:

$$M_e = 0,5 \times (817 \text{ kN.m} + 510,45 \text{ kN.m}) = 663,72 \text{ kN.m}$$

• Hitung geser pada kolom atas

$$V_{sway} = \frac{M_e + M_e}{\ell_u} = \frac{663,72 \text{ kN.m} + 663,72 \text{ kN.m}}{3,25 \text{ m}}$$

$$V_{sway} = 408,4 \text{ kN}$$

• Menghitung gaya-gaya pada tulangan balok longitudinal

– Gaya tarik pada tulangan balok di bagian kiri

Jika terdapat 5D25 = $A_s = 2454,37 \text{ mm}^2$

$$T_1 = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y = 1,25 \cdot 2454,37 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa}$$

$$T_1 = 1227184,63 \text{ N} = 1227,18 \text{ kN}$$

– Gaya tekan yang bekerja pada balok ke arah kiri

$$C_1 = T_1 = 1227,18 \text{ kN}$$

– Gaya tarik pada tulangan balok di bagian kanan

Jika terdapat 5D25 = $A_s = 2454,37 \text{ mm}^2$

$$T_2 = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y = 1,25 \cdot 2454,37 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa}$$

$$T_2 = 1227184,63 \text{ N} = 1227,18 \text{ kN}$$

– Gaya tekan yang bekerja pada balok ke arah kanan

$$C_2 = T_2 = 1227,18 \text{ kN}$$

- Menghitung gaya geser pada joint

$$V_J = V_{sway} - T_1 - C_2$$

$$V_J = 408,4 \text{ kN} - 1227,18 \text{ kN} - 1227,18 \text{ kN} = 2045,92 \text{ kN}$$

- e. Cek kuat geser joint

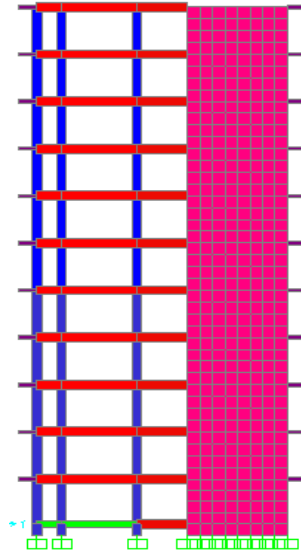
Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.7.4.1, untuk kuat geser joint yang dikekang di keempat sisinya adalah:

$$V_n = 1,7 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot A_J = 1,7 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 562.500 \text{ mm}^2$$

$$V_n = 5.657.251,29 \text{ N} = 5627,25 \text{ kN} > 2045,92 \text{ kN} \text{ (Memenuhi)}$$

6.2.5 Analisa Struktur Dinding Geser (*Shearwall*)

Dalam struktur bangunan ini terdapat 2 dinding geser dengan letak dan ukuran yang simetris. Adapun data-data perhitungan SW1 adalah sebagai berikut :



Gambar 6. 41 Shearwall yang ditinjau

Data Perencanaan:

Tinggi Total SW (hw)	= 46 m = 46000 mm
Tebal SW (tw)	= 300 mm
Panjang SW (lw)	= 8030 mm
Cover	= 400 mm
Mutu beton	= 35 Mpa
Mutu baja fy	= 400 Mpa
Tul. longitudinal pakai	= D16
Tul. geser pakai	= D16
Gaya dalam yang diperoleh dari SAP 2000:	
Pu	= 16467,94 kN
Vu	= 4045,96 kN
Mu	= 61332,96 kNm

6.2.5.1 Kontrol Ketebalan Terhadap Gaya Geser

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.9.4.4, kuat geser nominal tiap dinding individual tidak boleh melebihi :

$$0,83Acw\sqrt{f'c}$$

Dimana :

Acw = Luas penampang dinding yang ditinjau

= $t_w \times l_w$ (menurut SNI 2847:2013 pasal 11.9.4, $d=0,8\lambda w$)

$$V_u < 0,83.Acw.\sqrt{f'c}$$

$$4045,96 \text{ kN} < 0,83 (300.0,8.8000) \sqrt{35}$$

$$4045,96 \text{ kN} < 9427,86 \text{ kN}$$

Maka, ketebalan *Shear Wall* mampu untuk menahan geser.

6.2.5.2 Menentukan Kebutuhan Baja Tulangan Vertikal dan Horizontal Minimum

a. Rasio Tulangan Minimum (SNI 2847:2013 Pasal 21.9.2.1)

$$\begin{aligned} Acv &= l_w \times t_w \\ &= 8030 \times 300 \\ &= 2409000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$V_u > 0,083.Acv.\lambda.\sqrt{f'c}$$

$$4045,96 \text{ kN} > 0,083.2409000.1.\sqrt{35}$$

$$4045,96 \text{ kN} > 1182,9 \text{ kN}$$

Karena nilai $V_u > 0,083 \cdot \lambda \cdot Acv \cdot \sqrt{f'c}$, maka untuk nilai:

$$\rho_{\min} = 0,0025$$

b. Cek Kebutuhan Lapis Tulangan (SNI 2847:2013 Pasal 21.9.2.2)

$$0,17.Acv.\lambda.\sqrt{f'c} = 0,17.2409000.1.\sqrt{35}$$

$$= 2422,81 \text{ kN}$$

$$V_u = 4045,96 \text{ kN} > 2422,81 \text{ kN}$$

Karena $V_u > 0,17 \cdot Acv \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c}$, maka dipasang 2 lapis tulangan.

c. Perhitungan Tulangan Longitudinal dan Transversal

Sesuai SNI 2847:2013 pasal 21.9.2.1 tulangan geser harus disediakan dalam dua arah tegak lurus pada bidang dinding dengan rasio tulangan minimum untuk arah vertikal dan horisontal ialah 0,0025.

- Luas minimal tulangan per m' (Asl dan Ast)

$$\begin{aligned} 0,0025 A_{cv} &= 0,0025 \cdot (300 \times 1000) \\ &= 750 \text{ mm}^2/\text{m} \\ &= 0,75 \text{ mm}^2/\text{mm} \end{aligned}$$

- As pakai (2 lapis), digunakan tulangan D16

$$\text{As pakai} = 2 \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \right) = 402,12 \text{ mm}^2$$

- Jarak Tulangan (s)

$$\begin{aligned} s \text{ pakai} &= \frac{A_{spakai}}{A_{sperlu}} \\ &= \frac{402,12 \text{ mm}^2}{0,75 \text{ mm}^2/\text{mm}} \\ &= 536,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$s \text{ pakai} < 300 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan **2D16-200** dalam dua lapis arah horizontal dan vertikal.

6.2.5.3 Kuat Geser Dinding Struktural

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.9.4.1 kuat geser nominal dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$V_n = A_{cv} \cdot (\alpha_c \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} + \rho_t \cdot f_y)$$

Dimana :

$$\frac{h_w}{l_w} = \frac{46000}{8030} = 5,73 > 3$$

$$\begin{aligned} \alpha_c &= 0,25 \text{ untuk } h_w/l_w \leq 1,5 \\ &= 0,17 \text{ untuk } h_w/l_w \geq 2,0 \\ &= \text{variatif, untuk } h_w/l_w \text{ antara } 1,5-2,0 \end{aligned}$$

Karena $h_w/l_w \geq 2$, maka $\alpha_c = 0,17$

Pada *shearwall* terdapat tulangan transversal dengan konfigurasi **2D16-200**. Rasio tulangan transversal terpasang ialah :

$$\begin{aligned}\rho_t &= \frac{A_s}{s \cdot t} = \frac{402,12 \text{ mm}^2}{200 \text{ mm} \cdot 300 \text{ mm}} = \\ &= 0,0067 > \rho_{\min} = 0,0025 \quad (\text{Memenuhi})\end{aligned}$$

Maka dapat dihitung kuat geser nominal sebagai berikut :

$$\begin{aligned}V_n &= A_{cv} \cdot (\alpha_c \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} + \rho_t \cdot f_y) \\ &= 2409000 (0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} + 0,0067 \cdot 400) \\ &= 8880,92 \text{ kN} \\ \phi V_n &= 0,75 \cdot 8880,92 \text{ kN} \\ &= 6660,69 \text{ kN} \\ V_u &= 4045,96 \text{ kN} < \phi V_n = 6660,69 \text{ kN} \quad (\text{Memenuhi})\end{aligned}$$

Dinding cukup kuat untuk menahan geser.

SNI 2847:2013 pasal 21.9.4.4 membatasi kuat geser nominal maksimum dinding geser sebagai berikut:

$$\begin{aligned}V_{n-\text{maks}} &= 0,83 \cdot A_{cw} \cdot \sqrt{f_c'} \\ &= 0,83 \cdot 2409000 \sqrt{35} \\ &= 11829,02 \text{ kN}\end{aligned}$$

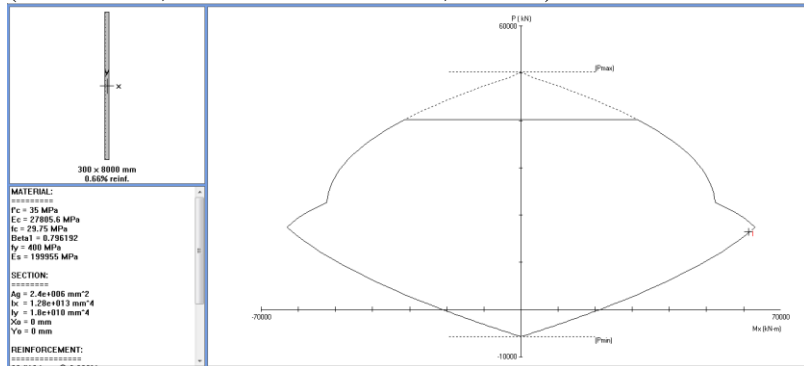
Karena $\phi V_n < V_{\text{maks}}$, maka diambil nilai terkecil yaitu

$$\phi V_n = 6660,69 \text{ kN}$$

6.2.5.4 Perencanaan Dinding Geser Terhadap Kombinasi Aksial dan Lentur

Kuat tekan lentur dinding struktural diperoleh dengan membuat diagram interaksi dari dinding tersebut menggunakan program bantu *pcaColoumn*. Gaya-gaya dalam yang diinputkan kedalam program tersebut adalah sebagai berikut:

($P_u = 16467,94 \text{ kN}$ dan $M_u = 61332,96 \text{ kNm}$)



Gambar 6. 42 Diagram Interaksi Dinding Struktural

Dapat dilihat pada diagram interaksi diatas bahwa dinding struktural mampu menahan gaya aksial dan momen yang terjadi menggunakan konfigurasi penulangan **2D16-200**.

6.2.5.5 Pemeriksaan Terhadap Syarat Komponen Batas Khusus (*Special Boundary Element*)

Berdasar pendekatan tegangan

$$A_g = 300\text{mm} \times 8000\text{mm}$$

$$A_g = 2400000 \text{ mm}^2$$

$$I_g = \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$= 1/12 \times 300 \times 8030^3$$

$$= 12,944 \times 10^{12} \text{ mm}^4$$

$$y = I_w/2$$

$$= 8030/2$$

$$= 4015 \text{ mm}$$

Daerah tekan harus diperkuat dengan elemen khusus pembatas, apabila :

$$\frac{Pu}{Ag} + \frac{Mu.y}{Ig} > 0,2 f'_c$$

$$\frac{16467940}{2409000} + \frac{61332960000.4015}{12,944 \times 10^{12}} > 0,2 f'_c$$

$$25,86 \text{ Mpa} > 8 \text{ Mpa}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, dibutuhkan komponen batas khusus pada dinding struktural.

6.2.5.6 Penentuan Panjang Elemen Pembatas Khusus

Dari ketentuan diatas, panel tersebut harus diberi *boundary element*. Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.9.6.4, *boundary element* harus dipasang secara horisontal dari sisi serat tekan terluar tidak kurang daripada $(c - 0,1 \ell_w)$ dan $c/2$.

Axial Load and Corresponding Moment Capacities:			
Load No.	fPn kN	fMnx kN-m	N.A. depth mm
1	16467.9	61660.5	2853

Gambar 6. 43 Output nilai c dari PcaColoumn

- $(c - 0,1 \ell_w) = 2853 - (0,1 \times 8030)$
 $= 2050 \text{ mm}$
- $c/2 = 2853 / 2$
 $= 1426,5 \text{ mm}$

Panjang *boundary element* harus dipasang minimal sejarak 2050 mm dari serat tekan terluar, digunakan jarak *special boundary element* sepanjang 2100 mm.

6.2.5.7 Perhitungan Tulangan Longitudinal dan Transversal Pada Daerah *Special Boundary Element*

Tulangan Longitudinal Daerah *Special Boundary Element*

Sesuai hasil perhitungan diatas dilakukan pengecekan, pada diagram interaksi didapat hasil pasang 20D16 pada daerah komponen batas khusus. Rasio tulangan yang dihasilkan sebesar :

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{(20 \times 201,06 \text{ mm}^2)}{(2100 \times 300)} \\ &= 0,0064\end{aligned}$$

Menurut *Iswandi, 2014* berdasarkan UBC (1997):

$$\rho_{\text{hitung}} = 0,0064 > \rho_{\text{min}} = 0,005 \text{ (Memenuhi)}$$

6.2.5.8 Tulangan Confinement *Shearwall*

a. Tulangan *Confinement* Pada *Boundary Element*

Digunakan *hoop* berbentuk persegi panjang dengan D13. Spasi maksimum *hoop* ditentukan oleh yang terkecil diantara :

$$\begin{aligned}- \frac{1}{3} \text{ dimensi terkecil} &= \frac{1}{3} \cdot 300 \text{ mm} \\ &= 100 \text{ mm} \\ - 6d_b &= 6 (13) \\ &= 78 \text{ mm} \\ - S_x &= 100 + \frac{350 - h_x}{3} \\ &= 100 + \frac{350 - 150}{3} \\ &= 167 \text{ mm}\end{aligned}$$

- S tidak boleh lebih kecil dari 100 mm.

Dari hasil perhitungan diatas, maka diambil tulangan hoop dengan D13-100 mm.

Karakteristik inti penampang :

$$\begin{aligned} b_c &= \text{dimensi inti core, diukur dari sumbu ke sumbu hoop} \\ &= 300 - [(2.40) + ((2.13)/2)] \\ &= 207 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tulangan *confinement* yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \frac{0,09 \cdot s \cdot b_c \cdot f'_c}{f_{yt}} \\ &= \frac{0,09 \cdot 100 \cdot 207 \cdot 35}{400} \\ &= 163,01 \text{ mm}^2. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= 132,73 \text{ mm}^2. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n \text{ pasang} &= \frac{163,01}{132,73} \\ &= 1,3 \approx 2 \text{ kaki hoop}. \end{aligned}$$

Jadi, sesuai perhitungan diatas pada daerah *special boundary element* dapat dipasang 2 kaki D13-100.

➤ Tulangan *Confinement* Pada Arah Tegak Lurus *Shearwall*

Karakteristik inti penampang :

$$\begin{aligned} b_c &= \text{dimensi inti core, diukur dari sumbu ke sumbu hoop} \\ &= 2100 - [(2.40) + ((2.13)/2)] \\ &= 2007 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tulangan *confinement* yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \frac{0,09 \cdot s \cdot b_c \cdot f'_c}{f_{yt}} - 265,46 \\ &= \frac{0,09 \cdot 100 \cdot 2007 \cdot 35}{400} - 265,46 \\ &= 1315,04 \text{ mm}^2. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= 132,73 \text{ mm}^2. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n \text{ pasang} &= \frac{1315,04}{132,73} \\ &= 9,9 \approx 10 \text{ cross ties} \end{aligned}$$

Jadi, sesuai perhitungan diatas pada arah tegak lurus *Shearwall*, dapat dipasang 10 cross ties D13.

6.2.5.9 Panjang Penyaluran Tulangan

Karena seluruh tulangan pada sambungan lewatan disalurkan pada lokasi yang sama, maka sambungan lewatan yang digunakan menurut SNI 2847-2013 pasal 12.15.1 tergolong kelas B. Dimana:

- Untuk sambungan kelas B panjang minimum sambungan lewatannya adalah $1,3 \cdot \ell_d$.
- Untuk baja tulangan dengan D-16mm,

$$\ell_d = \left(\frac{f_y \cdot \psi_t \cdot \psi_e}{2,1 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) \cdot d_b \text{ (Tabel SNI 2847-2013 pasal 12.2.2)}$$

Dimana: $d_b = 16 \text{ mm}$

$$\psi_t = 1,0 \qquad \psi_s = 1,0$$

$$\psi_e = 1,0 \qquad \lambda = 1,0$$

$$\ell_d = \left(\frac{400 \text{ Mpa} \cdot 1,0 \cdot 1,0}{2,1 \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}}} \right) \cdot 16 \text{ mm} = 515,14 \text{ mm}$$

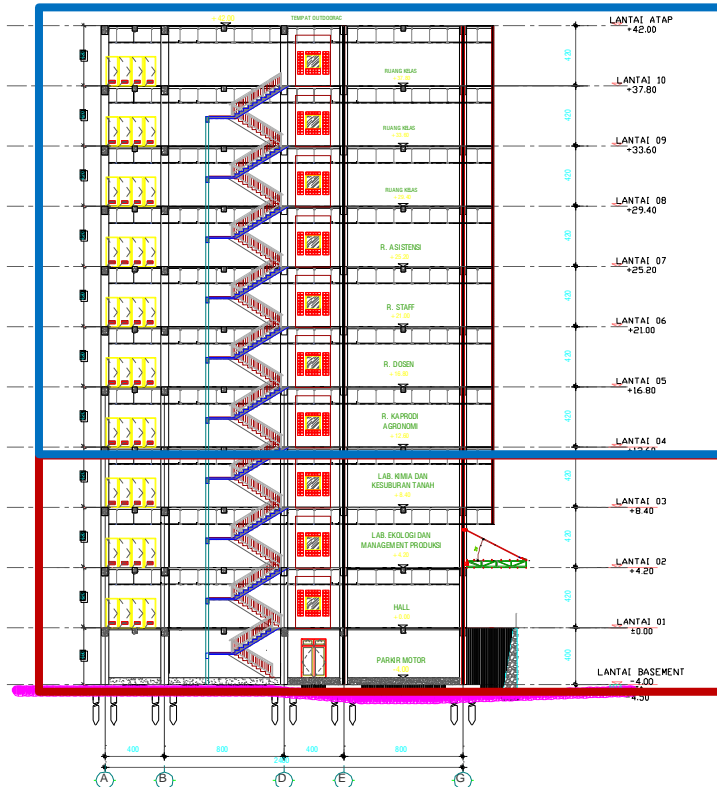
$$1,3 \cdot \ell_d = 1,3 \times 515,14 \text{ mm} = 669,68 \text{ mm} \approx 700 \text{ mm}$$

Jadi digunakan sambungan lewatan sepanjang 0,7 m

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

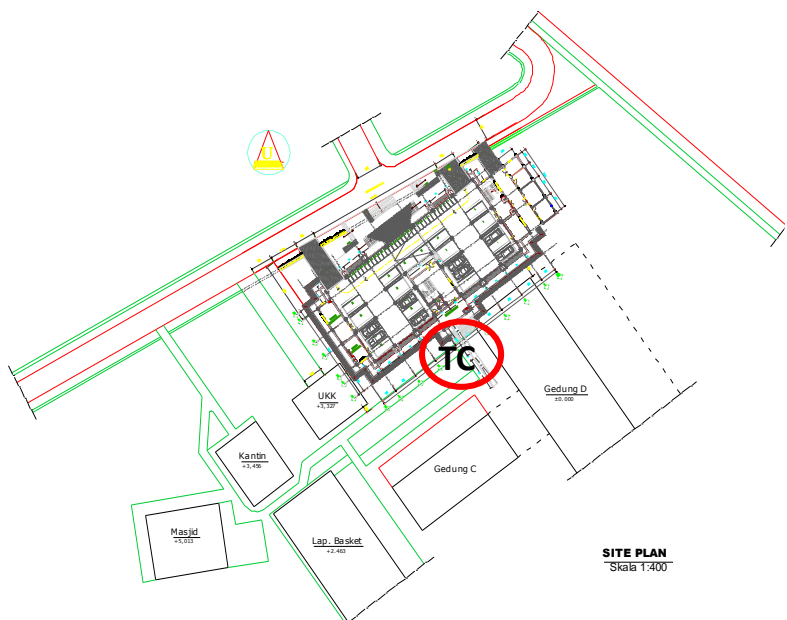
BAB VII METODE PELAKSANAAN KOLOM DAN SHEARWALL

7.1 Gambaran Umum Pelaksanaan



Gambar 7. 1 Pembagian Wilayah Pengecoran

Pengecoran dimulai dari lantai basement hingga lantai 3 menggunakan concrete pump, untuk lantai 3 hingga lantai atap pengecoran dilakukan menggunakan Tower Crane dengan setting tempat sebagai berikut:



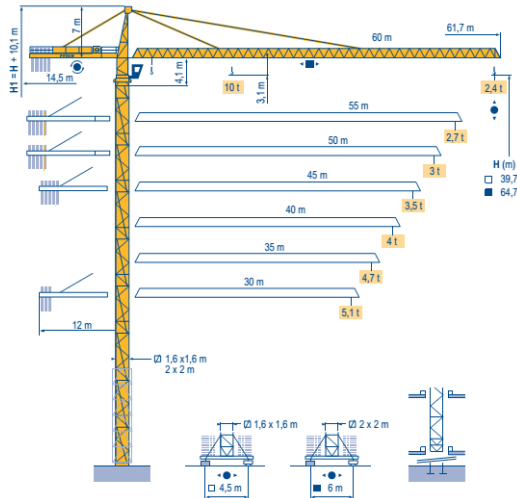
Gambar 7. 2 Site Plan Lokasi Pemasangan TC

Berikut spesifikasi Concrete pump dan Tower crane yang digunakan:

Merk : IHI
Model : IPF100B-8E27
Boom : 27 m
Capacity : 100 M3/jam (205 Cylinder)

Gambar 7. 3 Spesifikasi Concrete Pump

Potain MC 205 B



Gambar 7. 4 Spesifikasi Tower Crane

7.2 Metode Pelaksanaan Pekerjaan Kolom

7.2.1 Rencana kerja dan syarat-syarat (RKS)

- Mutu beton yang dipakai untuk pelaksanaan pekerjaan kolom adalah $f_c' = 35$ Mpa (sesuai yang tertera pada detail kolom).
- Keleccakan yang disyaratkan yaitu slump antara 12 ± 2 cm.
- Mutu baja yang digunakan adalah BJTD dengan $f_y = 400$ Mpa.
- Tebal penutup beton (*decking*) adalah 4 cm.
- Bekisting yang digunakan adalah bekisting sistem peri “VARIO GT 24 Column Formwork” dengan spesifikasi:
Dimensi mulai dari 20cm x 20 cm sampai 120cm x 80cm.
Mampu menahan tekanan beton segar max 100 kN/m^2

7.2.2 Flowchart Pelaksanaan Pekerjaan Kolom



Gambar 7. 5 Flowchart Metode Pelaksanaan Pekerjaan Kolom

7.2.3 Fabrikasi Tulangan Kolom

- Pemotongan tulangan sesuai dengan kebutuhan rencana menggunakan bar bender dan bar cutter.
- Perakitan tulangan kolom (prefabrikasi) yang dikerjakan di los besi sesuai dengan gambar kerja sebelum dipasang.

7.2.4 Marking (Penentuan As Kolom)

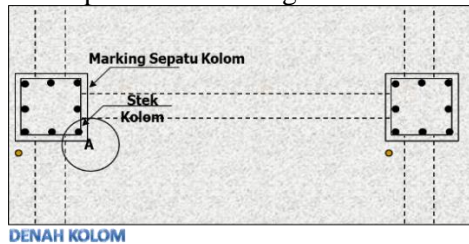
- Penentuan *as* kolom dengan Theodolit dan *waterpass* berdasarkan *shop drawing* dengan menggunakan acuan yang telah ditentukan bersama dari titik BM (*Bench Mark*).
- Buat *as* kolom dari garis pinjaman.

- c. Pemasangan patok *as* bangunan / kolom (tanda berupa garis dari sipatan).

Posisi as kolom harus sentris kedudukannya terhadap as pada lantai sebelumnya, untuk itu dilakukan juga pengecekan dengan menggunakan benang dan unting-unting.

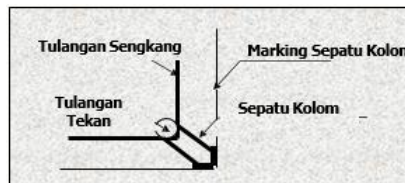
7.2.5 Pemasangan Sepatu Kolom

- a. Marking sepatu kolom sebagai pengaku posisi tulangan kolom agar tidak berubah posisi pada saat pengecoran dan sebagai tempat batas atau penahan bekisting.



Gambar 7. 6 Denah Rencana Kolom

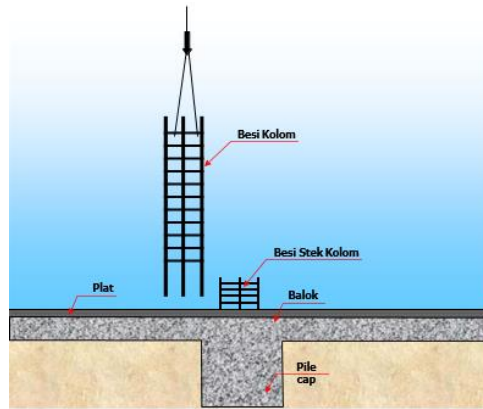
- b. Pasang sepatu kolom pada tulangan utama atau tulangan sengkang.



Gambar 7. 7 Sepatu Kolom

7.2.6 Penginstallan Tulangan Kolom

- Tulangan yang telah selesai dirakit atau difabrikasi diangkut menggunakan tower crane ke lokasi yang akan dipasang.
- Tulangan kolom yang baru diangkat digabungkan dengan tulangan kolom yang lama dengan overstek ± 1.00 m.

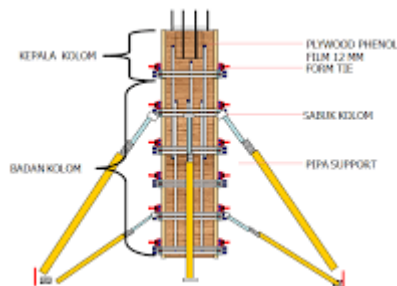


Gambar 7. 8 Installing Tulangan Kolom
(Sumber: Metode Pelaksanaan PT. PP)

- c. Kencangkan besi kolom dan stek besi dengan menggunakan sengkang.
- d. Langkah yang terakhir adalah memasang *decking* beton dengan tebal 4cm sebagai pelurus tebal selimut saat pengecoran.

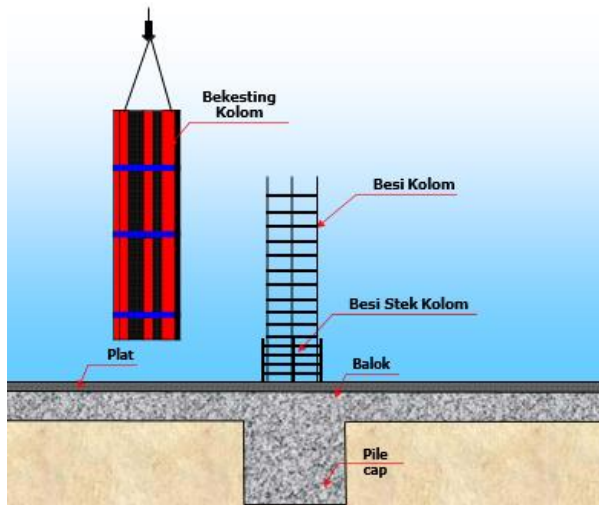
7.2.7 Bekisting Kolom

- a. Bersihkan area kolom terlebih dahulu.
- b. Olesi bekisting dengan oil form.
- a. Angkat bekisting kolom yang telah difabrikasi menggunakan tower crane.



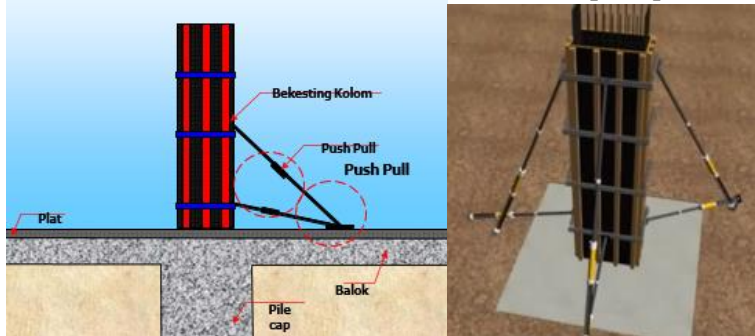
Gambar 7. 9 Bagian-bagian Bekisting Kolom
(Sumber: www.youtube.com)

- b. Tempatkan bekisting sesuai dengan marking yang ada.



Gambar 7. 10 Penempatan Bekisting Kolom sesuai Marking
(Sumber : Metode Pelaksanaan PT. PP)

- c. Atur kelurusan bekisting kolom dengan memutar push pull.

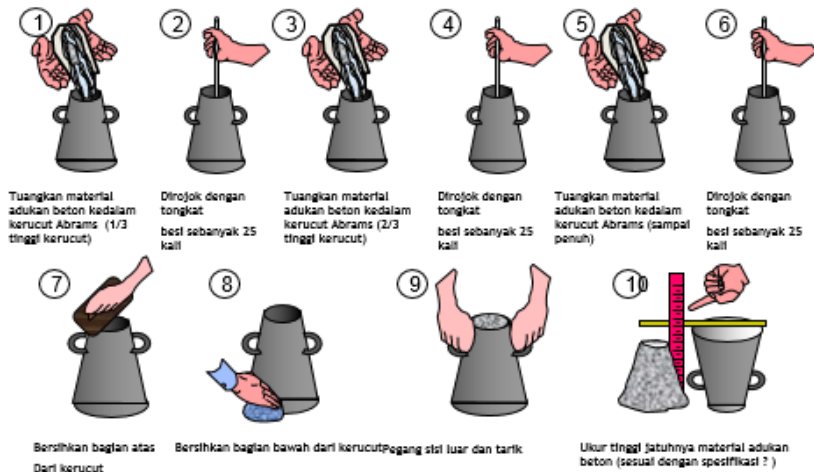


Gambar 7. 11 Bagian Push Pull pada Bekisting Kolom
(Sumber : Metode Pelaksanaan PT. PP dan www.youtube.com)

- d. Setelah semua terpasang cek vertikalitas tulangan dan bekisting dengan unting-unting dan benang yang ditempatkan pada kedua sisi bekisting sebelum dilakukan pengecoran.

7.2.8 Pengecoran Kolom

- Persiapan pengecoran
Sebelum dilaksanakan pengecoran, kolom yang akan dicor harus benar – benar bersih dari kotoran agar tidak membahayakan konstruksi dan menghindari kerusakan beton.
- Berikan mortar pada sekeliling sepatu kolom untuk menghindari kebocoran.
- Sebelum beton dituang, beri bonding agent pada permukaan beton eksisting. Tunggu hingga 10 menit.
- Setelah beton ready mix datang, dilakukan slump test terlebih dahulu pada material beton yang akan digunakan untuk pengecoran. Nilai slump test yang disyaratkan antara 12 ± 2 cm.



Gambar 7. 12 Tahapan Pengujian Slump Beton
(Sumber : Metode Pelaksanaan PT. PP)

- e. Setelah nilai slump memenuhi maka diambil benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15cm dan tinggi 30cm.



Gambar 7. 13 Benda Uji Silinder

- f. Pengecoran dilakukan dengan menggunakan concrete bucket dengan kapasitas 0,5 m³ yang dihubungkan dengan pipa tremi.



Gambar 7. 14 Penuangan Beton Segar dari Truk Mixer
(Sumber: www.youtube.com "Metode Pengecoran Kolom")

- g. Kemudian diangkat dengan menggunakan tower crane.



Gambar 7. 15 Concrete Bucket Diangkut Dengan TC
(Sumber: www.youtube.com “Metode Pengecoran Kolom”)

- h. Sebelum beton dituang ke dalam bekisting usahakan shaft vibrator telah diposisikan mendekati dasar kolom dan bagian tengah / sudut.
- i. Penuangan beton dilakukan secara bertahap dengan tinggi jatuh sesuai yang disyaratkan yaitu $\leq 1,5\text{m}$, hal ini untuk menghindari terjadinya *segregasi* yaitu pemisahan agregat yang dapat mengurangi mutu beton.

Tabel 6.2. Hubungan antara kecepatan pengisian beton, tekanan maksimum dan temperatur pada pengecoran beton untuk kolom

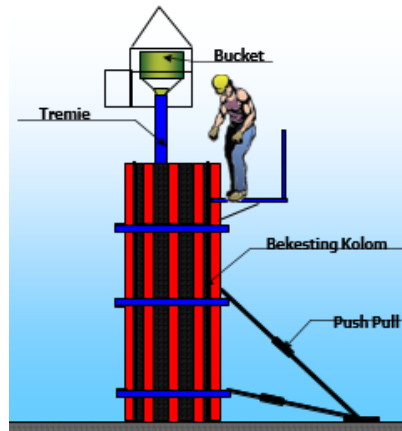
Kecepatan pengisian beton ke arah vertikal, CM/Jam	Tekanan beton maksimum, KG/M²							
	5°C	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C
	3592,34	7062,34	7062,34	7062,36	7062,34	7062,36	7062,36	732,36
30	1787,28	1597,40	1465,44	1368,42	1294,07	1235,29	1187,64	1148,24
60	2842,10	2462,35	2198,45	2004,41	1855,73	1738,17	1642,88	1564,09
90	3897,02	3327,38	2931,53	2640,47	2417,44	2241,09	2098,16	1979,97
120	4951,84	4192,33	3664,54	3276,46	2979,09	2743,97	2553,40	2395,81
150	6006,65	5057,28	4397,55	3912,45	3540,75	3246,85	3008,63	2811,65
180	7061,57	5922,31	5130,63	4548,50	4102,46	3749,78	3463,92	3227,53
210	8116,39	6787,26	5863,63	5184,50	4664,12	4252,65	3919,15	3643,37
240	9171,31	7652,30	6596,72	5820,55	5225,83	4755,58	4374,43	4059,25
270	10226,12	8517,25	7329,72	6456,54	5787,48	5258,46	4829,67	4475,10
300	11281,05	9382,20	8062,68	7092,60	6349,10	5761,39	5284,95	4890,98
360	13390,78	11112,27	9528,89	8364,65	7472,56	6767,19	6195,47	5722,70
450		13707,20	11727,99	10272,68	9157,58	8255,87	7561,22	6970,37
600				13452,84	11966,03	10790,41	9837,54	9049,59

Gambar 7. 16 Tabel Hubungan Kecepatan Pengisian Beton dengan Tekanan dan Temperatur

(Sumber: Metode Kerja Bangunan Sipil, Tabel 6.2)

Karena kecepatan pengecoran hasil dari perhitungan 3,8 m/jam dan dengan asumsi suhu pengecoran normal 25°C, maka dari tabel diatas diperoleh tekanan beton: 7472,56 kg/m².

Kekuatan bekisting menahan tekanan beton segar max 100 kN/m². Jadi bekisting mampu untuk menahan tekanan beton yang terjadi saat pengecoran.



Gambar 7. 17 Proses pengecoran Kolom
(Sumber : Metode Pelaksanaan PT. PP)

- j. Selama proses pengecoran berlangsung, pemadatan beton dilakukan dengan menggunakan shaft dan vibrator. Hal tersebut dilakukan untuk menghilangkan rongga-rongga udara serta untuk mencapai pemadatan yang maksimal.
- k. Untuk pemadatan bagian luar dapat dilakukan dengan memukul-mukul bagian luar bekisting dengan palu kayu / karet.

7.2.9 Pembongkaran Bekisting Kolom

Setelah pengecoran selesai dan beton sudah mulai kering (minimal 12jam setelah pengecoran), maka dapat dilakukan pembongkaran bekisting. Proses pelaksanaan:

- a. Pembongkaran dimulai dari clam kolom terlebih dulu sehingga tidak terjadi goyang pada kolom yang masih muda.



Gambar 7. 18 Pembongkaran Clam Kolom

(Sumber : Slideshare.com “Metode Pelaksanaan Pembongkaran Pekerjaan Bekisting”)

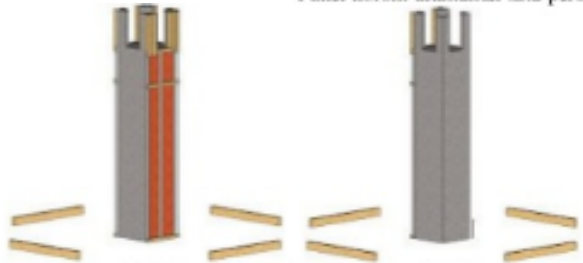
- b. Kendorkan push pull (penyangga bekisting), kemudian lepas push pull.



Gambar 7. 19 Pelepasan Push Pull

(Sumber : Slideshare.com “Metode Pelaksanaan Pembongkaran Pekerjaan Bekisting”)

- c. Kendorkan baut-baut yang ada pada bekisting kolom, sehingga rangkaian atau panel bekisting terlepas.



Gambar 7. 20 Pelepasan Panel-panel Bekisting

(Sumber : Slideshare.com “Metode Pelaksanaan Pembongkaran Pekerjaan Bekisting”)

7.2.10 Perawatan Beton Kolom (Curing)

Perawatan beton kolom setelah pengecoran adalah dengan system kompon yaitu dengan disiram 3 kali sehari selama 3 hari.



Gambar 7. 21 Curing Beton Kolom

7.2.11 Durasi Waktu

Durasi waktu yang dibutuhkan untuk 1 item pekerjaan kolom diperoleh dari produktivitas dibagi dengan volume pekerjaan.

Tabel 6. Produktivitas Masing-Masing Pekerjaan Beton Bertulang

Produktivitas	Bekisting	Tulangan	Cor
	m ² /jam	kg/jam	m ³ /jam
Kolom	94.53	295.15	8.05
Balok	5.58	155.96	17.87
Plat	6.90	69.80	

Gambar 7. 22 Tabel Produktivitas Pekerjaan Kolom

(Sumber : Jurnal “Evaluasi Produktivitas Struktur Kolom, Balok, dan Plat Di Proyek Tunjungan Plaza 6)

Pada pembangunan Gedung Perkuliahan di Surabaya ini, volume yang dibutuhkan pada setiap pekerjaan untuk 1 item kolom yaitu: Kebutuhan volume tulangan:

Tabel 7. 1 Kebutuhan Volume Tulangan K1A

Type	Diameter	Berat/ kg/m1	L (m)	n Kolom	n tul	Wtotal (kg)
K1A	25	3.855	4.2	1	16	259.050
Begel K1A	13	1.042	2.68	1	34	94.981

Kebutuhan volume bekisting:

Tabel 7. 2 Kebutuhan Volume Bekisting K1A

Kode	Dimensi			Jumlah	Volume (m2)
	b	h	l		
K1A	0.75	0.75	4.2	1	12.60

Kebutuhan volume beton $f_c'35$ Mpa:

Tabel 7. 3 Kebutuhan Volume Beton $f_c'35$ Mpa

Kode	Dimensi			Jumlah	Volume (m3)
	b	h	l		
K1A	0.75	0.75	4.2	1	2.36

Kapasitas bucket = $0,5 \text{ m}^3$

Asumsi penuangan beton dari bucket ke bekisting = 5 menit

Asumsi jeda waktu antara pengisian bucket dan jangkauan TC ke bekisting kolom = 10 menit

$$\text{Jumlah penuangan} = \frac{\text{Volume beton}}{\text{Kapasitas Bucket}} = \frac{2,36 \text{ m}^3}{0,5 \text{ m}^3} = 4,725 \text{ kali} \approx 5 \text{ kali}$$

$$\text{Lama pengecoran} ((5 + 10) \times 4) + 5 \text{ menit} = 65 \text{ menit} \\ = 1,1 \text{ jam}$$

$$\text{Kecepatan Pengecoran} = 4,2 \text{ m} / 1,1 \text{ jam} = 3,8 \text{ m/jam}$$

Durasi yang dibutuhkan untuk menyelesaikan 1 item pekerjaan kolom adalah sebagai berikut:

Tabel 7. 4 Durasi waktu pada setiap pelaksanaan pekerjaan kolom

Item Pekerjaan	Durasi Waktu	Satuan
Fabrikasi Tulangan Kolom	2	Jam
Marking	10	menit
Pemasangan Sepatu Kolom	20	menit
Installing Tulangan Kolom	20	menit
Installing Bekisting Kolom	0.2	Jam
Pengecoran Kolom	1.1	Jam
Setting beton kolom	12.0	Jam
Pembongkaran Bekisting Kolom	0.2	Jam
Total Waktu	16.4	Jam

7.3 Metode Pelaksanaan Pekerjaan *Shearwall*

7.3.1 Rencana kerja dan syarat-syarat (RKS)

Mutu beton yang dipakai untuk pelaksanaan pekerjaan *shearwall* adalah $f_c' = 35$ Mpa (sesuai yang tertera pada detail *shearwall*).

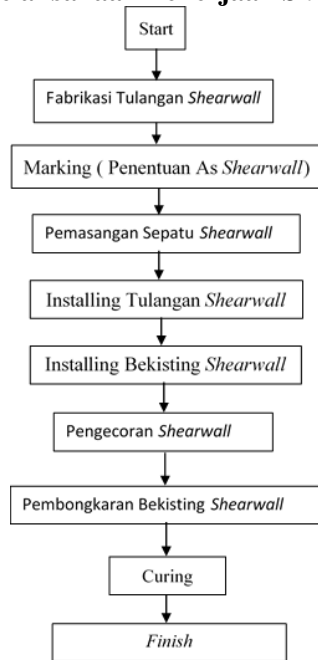
- Keleccakan yang disyaratkan yaitu slump antara 12 ± 2 cm.
- Mutu baja yang digunakan adalah BJTD dengan $f_y = 400$ Mpa.
- Tebal penutup beton (*decking*) adalah 4 cm.
- Bekisting yang digunakan adalah bekisting sistem peri “TRIO WALL Formwork” dengan spesifikasi:

Tinggi dinding sampai dengan 3,3m dan dapat dikombinasikan dengan versi 2,7m.

Lebar sampai dengan 2,4m.

Mampu menahan tekanan beton segar max 80 kN/m^2 .

7.3.2 Flowchart Pelaksanaan Pekerjaan *Shearwall*



Gambar 7. 23 Flowchart Metode Pelaksanaan Pekerjaan *Shearwall*

7.3.3 Fabrikasi Tulangan *Shearwall*

- Pemotongan tulangan sesuai dengan kebutuhan rencana menggunakan bar bender dan bar cutter.
- Perakitan tulangan *shearwall* (prefabrikasi) yang dikerjakan di los besi sesuai dengan gambar kerja sebelum dipasang.

7.3.4 Marking (Penentuan As *Shearwall*)

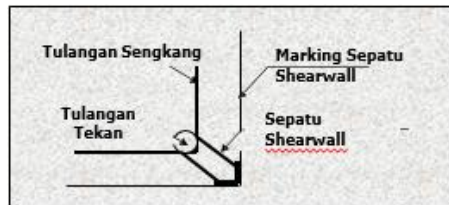
- Penentuan *as shearwall* dengan Theodolit dan *waterpass* berdasarkan *shop drawing* dengan menggunakan acuan yang telah ditentukan bersama dari titik BM (*Bench Mark*).
- Buat *as shearwall* dari garis pinjaman.

- c. Pemasangan patok *as shearwall* (tanda berupa garis dari sipatan).

Posisi *as shearwall* harus sentris kedudukannya terhadap *as shearwall* pada lantai sebelumnya, untuk itu dilakukan juga pengecekan dengan menggunakan benang dan unting-unting.

7.3.5 Pemasangan Sepatu *Shearwall*

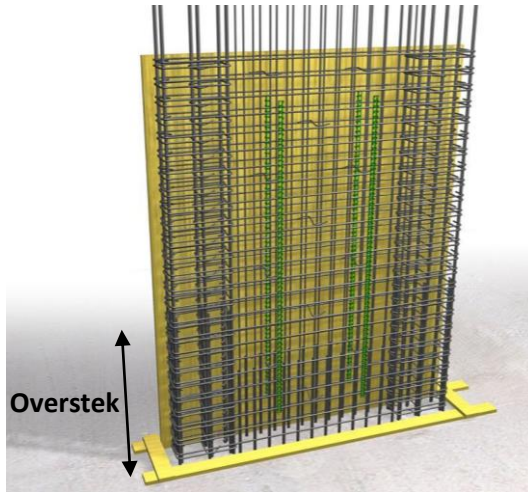
- a. Marking sepatu *shearwall* sebagai pengaku posisi tulangan kolom agar tidak berubah posisi pada saat pengecoran dan sebagai tempat batas atau penahan bekisting.
- b. Pasang sepatu *shearwall* pada tulangan utama atau tulangan sengkang.



Gambar 7. 24 Pemasangan Sepatu Shearwall

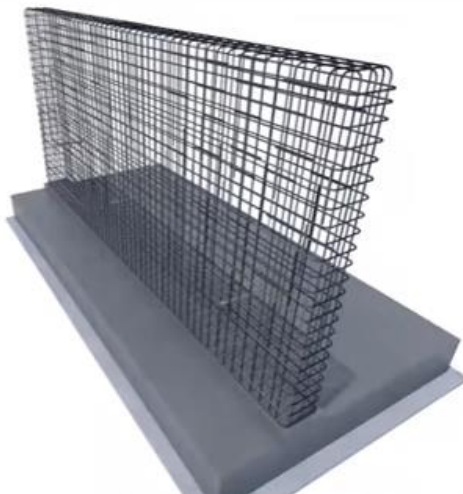
7.3.6 Penginstallan Tulangan *Shearwall*

- a. Tulangan yang telah selesai dirakit atau difabrikasi diangkut menggunakan tower crane ke lokasi yang akan dipasang.
- b. Tulangan *shearwall* yang baru diangkat digabungkan dengan tulangan *shearwall* yang lama dengan overstek ± 1.00 m.



Gambar 7. 25 Pemasangan Tulangan Shearwall

- c. Kencangkan besi *shearwall* dan stek besi dengan menggunakan sengkang.

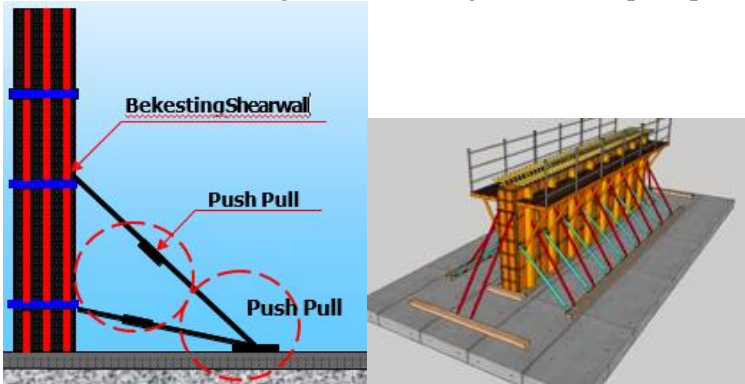


Gambar 7. 26 Tulangan Shearwall Terpasang
(Sumber: www.youtube.com)

- d. Pasang styrofoam pada daerah block-out untuk menjaga beton tidak mengenai daerah block-out saat pengecoran.
- e. Langkah yang terakhir adalah memasang *decking* beton dengan tebal 4cm sebagai pelurus tebal selimut saat pengecoran.

7.3.7 Bekisting *Shearwall*

- c. Bersihkan area *shearwall* terlebih dahulu.
- d. Olesi bekisting dengan oil form.
- e. Angkat bekisting *shearwall* yang telah difabrikasi menggunakan tower crane.
- f. Tempatkan bekisting sesuai dengan marking yang ada.
- g. Atur kelurusan bekisting *shearwall* dengan memutar push pull.



Gambar 7. 27 Bekisting *Shearwall*

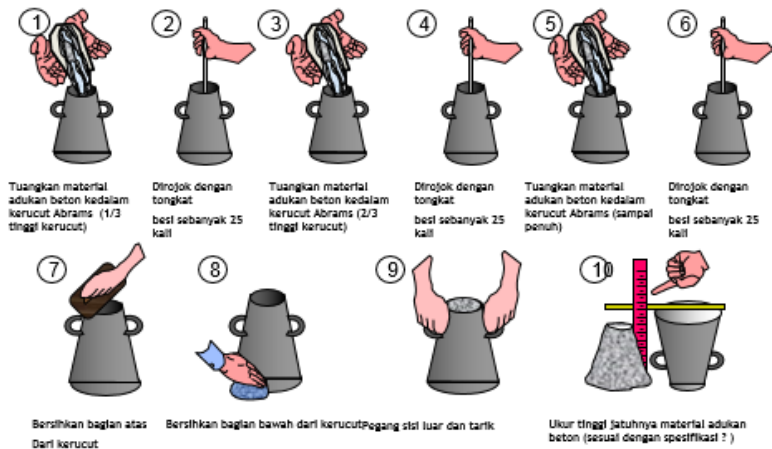
(Sumber : Metode Pelaksanaan PT. PP dan www.youtube.com)

- h. Setelah semua terpasang cek vertikalitas tulangan dan bekisting dengan unting-unting dan benang yang ditempatkan pada kedua sisi bekisting sebelum dilakukan pengecoran.

7.3.8 Pengecoran *Shearwall*

- a. Persiapan pengecoran
Sebelum dilaksanakan pengecoran, *shearwall* yang akan dicor harus benar – benar bersih dari kotoran agar tidak membahayakan konstruksi dan menghindari kerusakan beton.

- b. Berikan mortar pada sekeliling sepatu *shearwall* untuk menghindari kebocoran.
- c. Sebelum beton dituang, beri bonding agent pada permukaan beton eksisting. Tunggu hingga 10 menit.
- d. Setelah beton ready mix datang, dilakukan slump test terlebih dahulu pada material beton yang akan digunakan untuk pengecoran. Nilai slump test yang disyaratkan antara 12 ± 2 cm.



Gambar 7. 28 Tahapan Pengujian Slump Beton
(Sumber : Metode Pelaksanaan PT. PP)

- e. Setelah nilai slump memenuhi maka diambil benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15cm dan tinggi 30cm.



Gambar 7. 29 Benda Uji Silinder

- f. Pengecoran dilakukan dengan menggunakan concrete bucket dengan kapasitas $0,8 \text{ m}^3$ yang dihubungkan dengan pipa tremi



Gambar 7. 30 Penuangan Beton Segar dari Truk Mixer
(Sumber: www.youtube.com "Metode Pengecoran Kolom")

- g. Kemudian diangkut dengan menggunakan tower crane.



Gambar 7. 31 Concrete Bucket Diangkut Dengan TC
(Sumber: www.youtube.com "Metode Pengecoran Kolom")

- h. Sebelum beton dituang ke dalam bekisting usahakan shaft vibrator telah diposisikan mendekati dasar *shearwall* dan bagian tengah / sudut.

- i. Penuangan beton dilakukan secara bertahap dengan tinggi jatuh sesuai yang disyaratkan yaitu $< 1,5\text{m}$, hal ini untuk menghindari terjadinya *segregasi* yaitu pemisahan agregat yang dapat mengurangi mutu beton.

Tabel 6.1. Hubungan antara kecepatan pengisian beton, tekanan maksimum dan temperatur pada pengecoran beton untuk dinding

Kecepatan pengisian beton ke arah vertikal, CM/jam	Tekanan beton maksimum, KG/M ²							
	5°C	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C
30	1787,28	1597,40	1465,44	1368,42	1294,07	1235,29	1187,64	1148,24
60	2842,10	2462,35	2198,45	2004,41	1855,73	1738,17	1642,88	1564,09
90	3897,02	3327,38	2931,53	2640,47	2417,44	2241,09	2098,16	1979,97
120	4951,84	4182,33	3664,54	3276,46	3020,00	2743,07	2583,40	2308,81
150	6006,65	5057,28	4397,55	3912,45	3540,75	3246,85	3008,63	2811,65
180	7061,57	5922,31	5130,63	4548,50	4102,46	3749,78	3463,92	3227,53
210	8116,39	6787,26	5863,63	5184,50	4664,12	4252,65	3919,15	3643,37
240	8526,02	7123,16	6148,30	5431,48	4882,23	4447,94	4095,94	3804,86
270	8854,19	7392,26	6376,34	5629,34	5056,97	4604,39	4237,57	3934,24
300	9182,38	7661,38	6604,41	5827,23	5231,72	4760,86	4379,21	4063,62
450		9006,91	7744,69	6816,59	6105,45	5543,15	5087,39	4710,51
600			8884,99	7805,97	6979,18	6325,45	5795,58	5357,41

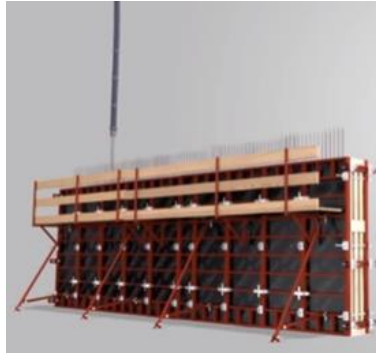
Gambar 7. 32 Tabel Hubungan Kecepatan Pengisian Beton dengan Tekanan dan Temperatur

(Sumber: Metode Kerja Bangunan Sipil, Tabel 6.1)

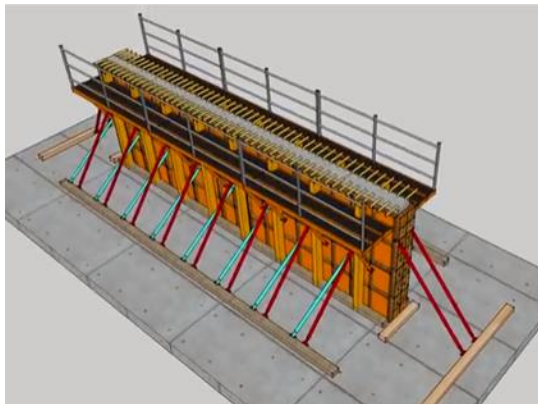
Karena kecepatan pengecoran hasil dari perhitungan $1,4\text{ m/jam}$ dan dengan asumsi suhu pengecoran normal 25°C , maka dari tabel diatas diperoleh tekanan beton: $3540,75\text{ kg/m}^2$.

Kekuatan bekisting menahan tekanan beton segar max 80 kN/m^2 .

Jadi bekisting mampu untuk menahan tekanan beton yang terjadi saat pengecoran.



Gambar 7. 33 Pengecoran Shearwall dengan Pipa Tremi
(Sumber: www.youtube.com)



Gambar 7. 34 Shearwall yang Telah Dicor
(Sumber: www.youtube.com)

- j. Selama proses pengecoran berlangsung, pemadatan beton dilakukan dengan menggunakan shaft dan vibrator. Hal tersebut dilakukan untuk menghilangkan rongga-rongga udara serta untuk mencapai pemadatan yang maksimal.
- k. Untuk pemadatan bagian luar dapat dilakukan dengan memukul-mukul bagian luar bekisting dengan palu kayu / karet.

7.3.9 Pembongkaran Bekisting *Shearwall*

Setelah pengecoran selesai dan beton sudah mulai kering (minimal 12jam setelah pengecoran), maka dapat dilakukan pembongkaran bekisting.

Proses pelaksanaan:

- a. Pertama, balok perangkat atas dan bawah dilepas satu persatu dari panel dinding.



Gambar 7. 35 Pelepasan Balok Perangkat pada Bekisting *Shearwall*

(Sumber : *Slideshare.com “Metode Pelaksanaan Pembongkaran Pekerjaan Bekisting”*)

- b. Kendorkan push pull (penyangga bekisting), kemudian lepas push pull.



Gambar 7. 36 Pelepasan Push Pull Penyangga Bekisting

(Sumber : *Slideshare.com “Metode Pelaksanaan Pembongkaran Pekerjaan Bekisting”*)

- c. Kendorkan baut-baut yang ada pada bekisting *shearwall*, sehingga rangkaian atau panel bekisting terlepas.

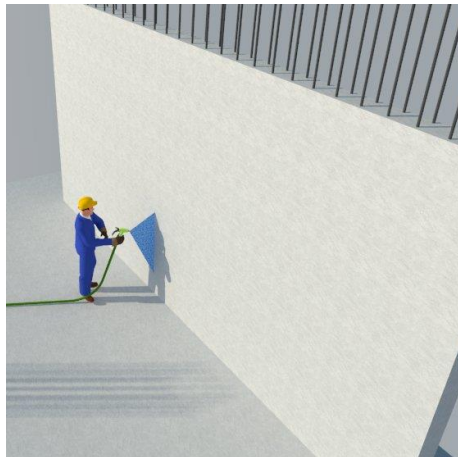


Gambar 7. 37 Pelepasan Panel-panel Bekisting
(Sumber : *Slideshare.com “Metode Pelaksanaan Pembongkaran Pekerjaan Bekisting”*)

- d. Setelah bekisting dibongkar, kemudian ditempatkan pada tempat penumpukan (fabrikasi) bekisting.

7.3.10 Perawatan Beton *Shearwall* (Curing)

Perawatan beton *shearwall* setelah pengecoran adalah dengan system kompon yaitu dengan disiram 3 kali sehari selama 3 hari.



Gambar 7. 38 Curing Beton *Shearwall*

7.3.11 Durasi Waktu

Durasi waktu yang dibutuhkan untuk 1 item pekerjaan *shearwall* diperoleh dari produktivitas dibagi dengan volume pekerjaan. Karena prosedur pelaksanaan pekerjaan *shearwall* hampir sama dengan kolom, maka diambil referensi produktivitas yang sama, yaitu:

Tabel 6. Produktivitas Masing-Masing Pekerjaan Beton Bertulang

Produktivitas	Bekisting	Tulangan	Cor
	m ² /jam	kg/jam	m ³ /jam
Kolom	94.53	295.15	8.05
Balok	5.58	155.96	17.87
Plat	6.90	69.80	

Gambar 7. 39 Tabel Produktivitas Pekerjaan Shearwall
(Sumber : Jurnal “Evaluasi Produktivitas Struktur Kolom, Balok, dan Plat Di Proyek Tunjungan Plaza 6)

Pada pembangunan Gedung Perkuliahan di Surabaya ini, volume yang dibutuhkan pada setiap pekerjaan untuk 1 item *shearwall* yaitu:

Kebutuhan volume tulangan:

Tabel 7. 5 Kebutuhan Volume Tulangan SW1

Tipe	Diameter	Berat/ kg/m1	L (m)	n SW	n tul	Wtotal (kg)
SW (tul vertikal)	16	3.855	4.2	1	80	1295.250
SW (tul horizontal)	16	1.042	8	1	42	350.236
Senggang+crossties	13	3.855	4.052	1	42	656.044

Kebutuhan volume bekisting:

Tabel 7. 6 Kebutuhan Volume Bekisting SW1

Kode	Dimensi			Jumlah	Volume (m2)
	b	h	l		
SW1	0.3	8	4.2	1	134.40

Kebutuhan volume beton $f_c'35$ Mpa:

Tabel 7. 7 Kebutuhan Volume Beton $f_c'35$ Mpa

Kode	Dimensi			Jumlah	Volume (m3)
	b	h	l		
SW1	0.3	8	4.2	1	10.08

Kapasitas bucket = $0,8 \text{ m}^3$

Asumsi penuangan beton dari bucket ke bekisting = 5 menit

Asumsi jeda waktu antara pengisian bucket dan jangkauan TC ke bekisting *shearwall* = 10 menit

$$\text{Jumlah penuangan} = \frac{\text{Volume beton}}{\text{Kapasitas Bucket}} = \frac{10,08 \text{ m}^3}{0,8 \text{ m}^3} = 12,6 \text{ kali} \approx 13 \text{ kali}$$

$$\text{Lama pengecoran} = ((5 + 10) \times 12) + 5 \text{ menit} = 185 \text{ menit} \\ = 3,083 \text{ jam}$$

$$\text{Kecepatan Pengecoran} = 4,2 \text{ m} / 3,083 \text{ jam} = 1,4 \text{ m/jam}$$

Durasi yang dibutuhkan untuk menyelesaikan 1 item pekerjaan *shearwall* adalah sebagai berikut:

Tabel 7. 8 Durasi waktu pada setiap pelaksanaan pekerjaan *shearwall*

Item Pekerjaan	Durasi Waktu	Satuan
Fabrikasi Tulangan SW	7.8	Jam
Marking	10	menit
Pemasangan Sepatu SW	20	menit
Installing Tulangan SW	20	menit
Installing Bekisting SW	1.5	Jam
Pengecoran SW	3.1	Jam
Setting beton SW	12.0	Jam
Pembongkaran Bekisting SW	30	menit
Total Waktu	25.8	Jam

BAB VIII KESIMPULAN

8.1 Kesimpulan

Berdasarkan keseluruhan hasil analisis yang telah dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir Terapan ini dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Untuk memperoleh struktur yang efisien, perencanaan stuktur gedung beton bertulang 11lantai yang dikenakan kategori desain seismik D dan termasuk kategori resiko IV dapat dirancang menggunakan sistem struktur penahan beban lateral yang memenuhi persyaratan detailing khusus (*Dual System* yaitu SRPMK dan *shearwall*) dan pengaruh gempa rencana harus ditinjau dengan periode ulang gempa 2500 tahun.
2. Dari keseluruhan pembahasan yang telah diuraikan, hasil perhitungan struktur Gedung Perkuliahan Fakultas Pertanian Di Surabaya dengan menggunakan metode Dual System adalah sebagai berikut :
 - a. Struktur Sekunder

- Tangga (Tebal pelat tangga dan bordes 15 cm)

Jenis	Tumpuan				Lapangan			
	Arah X		Susut		Arah X		Susut	
	D	s	D	s	D	s	D	s
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Pelat Tangga	13	150	10	200	13	150	10	200
Pelat Bordes	13	150	10	200	13	150	10	200

- Pelat Lantai (Tebal 12 cm dan PS tebal 15 cm)

Tipe Plat	Lx	Ly	Ly/Lx	Arah	Tump X	Tump Y	Lap X	Lap Y
					(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
P1	3	4	1.37	Dua	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150
P2	4	4	1.00	Dua	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150
P3	2	3	1.59	Dua	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150
P4	2.85	4	1.45	Dua	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150
P5	2	4	2.18	Satu	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150
P6	2	2	1.00	Dua	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150
P7	2	5.15	2.85	Satu	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150
PK	1.9	3	1.42	Dua	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150
PL	2	5.15	2.85	Satu	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150
PS	8	8	1.00	Dua	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150

- Balok Sekunder

Tipe Balok	Dimensi (cm)	Tulangan Lentur				Tulangan Geser		Tulangan Torsi
		Tumpuan		Lapangan		Tumpuan	Lapangan	
		Tarik	Tekan	Tarik	Tekan			
BL	30/40	3D 19	2D 19	2D 19	2D 19	D10-150	D10-150	2D 10
BA	30/40	4D 19	2D 19	2D 19	2D 19	D10-150	D10-150	2D 10
BK	30/40	3D 19	2D 19	-	-	D10-150	-	2D 10

b. Struktur Primer

- Balok Induk

Tipe Balok	Bentang	Dimensi	Tulangan Lentur				Tulangan Geser		Tulangan Torsi
			Tumpuan		Lapangan		Tumpuan	Lapangan	
	(m)	(cm)	Tarik	Tekan	Tarik	Tekan			
B1	4	30/80	5D 25	4D 25	4D 25	2D 25	D13-100	D13-100	4D 13
B2	8	30/80	4D 25	2D 25	2D 25	2D 25	D13-100	D13-150	4D 13
B3	8	30/80	5D 25	3D 25	3D 25	2D 25	D13-100	D13-150	4D 13
B4	4	30/80	4D 20	3D 25	3D 25	2D 25	D13-80	D13-120	4D 13
B5	6	30/80	4D 25	2D 25	2D 25	2D 25	D13-100	D13-150	4D 13
B6	5.6	35/50	5D 25	3D 25	3D 25	3D 25	D13-80	D13-100	2D 13
BS	8	40/60	3D 25	3D 25	2D 25	2D 25	D13-100	D13-150	2D 13

- Kolom

Tipe Kolom	Dimensi	Tulangan		
		Lentur	Geser	
	(cm)		pada ℓ_o	diluar ℓ_o
K1 (Lt.Basement-Lt.4)	75/75	16D 25	4D13-100	4D13-150
K1 (Lt.5-Lt.Atap)	75/75	12D 26	4D13-100	4D13-150
KL	50/50	16D 25	4D13-100	4D13-150

- Shearwall

Tipe Shearwall	Dimensi	Tulangan		
		Horizontal	Transversal	Confinement
	(cm)	(mm)	(mm)	(mm)
SW1	30/800	2D 16-200	2D 16-201	D13 - 100
SW2	30/800	2D 16-200	2D 16-201	D13 - 100

3. Secara kapasitas, hasil dimensi struktur kolom yang diperoleh dapat diperkecil. Akan tetapi stabilitas struktur menjadi tidak memenuhi persyaratan yang ada, khususnya persyaratan perioda fundamental struktur.
4. Durasi waktu yang dibutuhkan untuk 1 item pekerjaan kolom dan *shearwall* pada pembangunan Gedung Perkuliahan di Surabaya ini dari mulai pekerjaan pembesian sampai dengan pembongkaran bekisting adalah ± 16 jam dan ± 26 jam (1hari lebih 2jam). Namun durasi ini juga dapat berubah, bergantung oleh beberapa faktor, antara lain metode kerja, kesiapan material, peralatan dan juga pengalaman tenaga kerja.
5. Kelebihan bekisting sistem peri:
 - Hasil pekerjaan lebih rapi.
 - Bisa digunakan lebih dari sekali sehingga dapat menghemat biaya dan mengurangi limbah konstruksi
 - Dengan sistem bongkar pasang, pelaksanaan menjadi mudah dan cepat, serta dapat disusun lebih ringkas dan rapi sehingga menghemat ruang dan biaya transportasi.

8.2 Saran







1. Sebelum mengerjakan Tugas Akhir Terapan (TAT) hendaknya menyusun sistematika penulisan TAT secara urut dan menyeluruh, agar dalam pengerjaannya tidak ada yang terlupakan dan berjalan lancar.
2. Dalam memilih sistem struktur bangunan gedung beton bertulang 11 lantai di daerah gempa tinggi, struktur dengan sistem ganda lebih disarankan daripada hanya menggunakan sistem rangka pemikul momen (SRPM) saja. Untuk membuktikan hal tersebut, disarankan meninjau stabilitas struktur menggunakan SRPM terlebih dahulu.
3. Dalam pelaksanaan pekerjaan kolom dan *shearwall* hendaknya memperhatikan segala aspek, baik metode kerja, material yang digunakan, peralatan dan juga pengalaman tenaga kerja, untuk mendapatkan waktu pengerjaan yang cepat dan efisien.

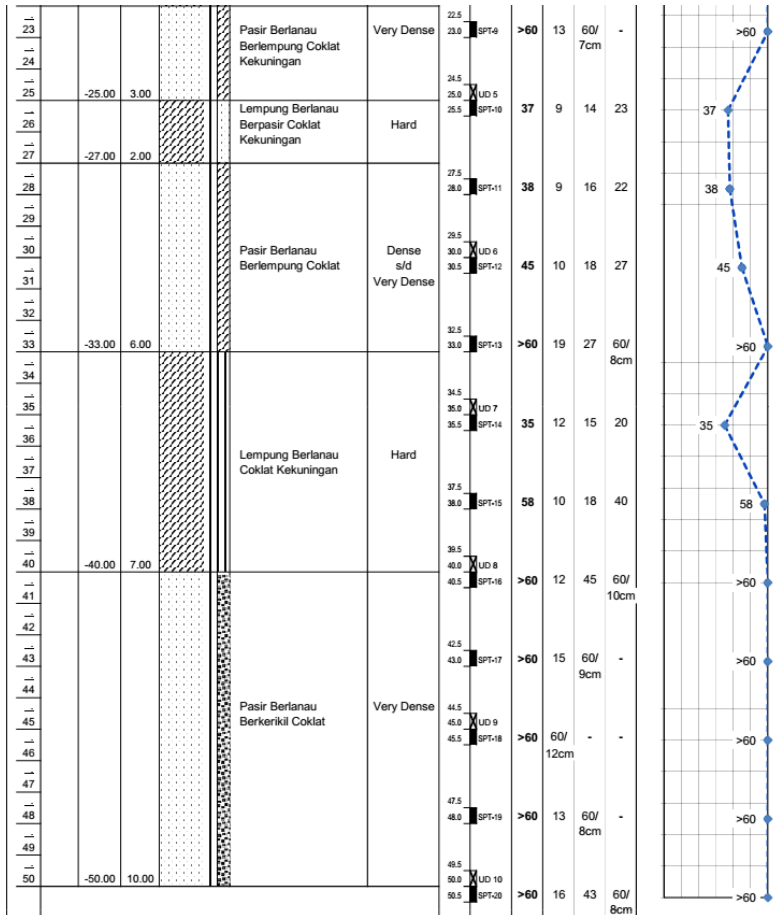
DAFTAR PUSTAKA

- ASCE 7-2010. *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structure*. American Society of Civil Engineers. Reston, Virginia.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *SNI 03-1727-2013 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *SNI 03-1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-gedung*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *SNI 03-2847-2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: BSN.
- Budiono, Bambang dan Lucky Supriatna. 2011. *Studi Komparasi Desain Bangunan Tahan Gempa Dengan Menggunakan SNI 03-1726-2012 dan RSNI 03-1726-201x*. Bandung : ITB.
- Imran, Iswandi dan Fajar Hendrik. 2014. *Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang*. Bandung: Penerbit ITB.
- Purwono, Rachmat. 2010. *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*. Surabaya: ITS Press.
- Sajekti, Amien. 2009. *Metode Kerja Bangunan Sipil*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Turangan, Benaya A.S., Andrew D. Saputra, Sentosa Limanto, Yusuf D. E. Wicaksono. Vol 5, No 1, 2016. *Evaluasi Produktivitas Kerja Struktur Kolom, Balok, dan Plat Di Proyek Tunjungan Plaza 6*. Surabaya: Jurnal Dimensi Pratama Sipil.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

DRILLING LOG														
Project No. : I			Project : Pembangunan Apartemen Mulyorejo					Type of Drilling : Rotary						
Bore Hole No. : I			Lokasi : Jl. Mulyorejo Utara - Surabaya					Date : 23-Nov-13						
Water Table : - 0.60 m			Elevation : ± 0,0 (muka tanah setempat)					Driller : Dasuki						
Scale in m	Elevation	Depth in m	Thickness in m	Legend	Description & Colour	Relative Density or Consistency	UD / SPT		Standard Penetration Test				N - Value	
							Depth in m	Sample Code	N-Value Blows/30 cm	Blows per each 15 cm				
										15 cm	15 cm	15 cm		
0		0.00												0 10 20 30 40 50 60
1		-1.00	1.00		Tanah Urug Sirtu									
2					Pasir Berlanau Abu-abu	very Loose	2.5							
3							3.0	SPT-1	<1	1	0	0	<1	
4		-4.00	3.00											
5							4.5	UD 1						
6							5.0	SPT-2	<1	1	0	0	<1	
7							5.5							
8							7.5							
9							8.0	SPT-3	<1	1	0	0	<1	
10					Lempung Berlanau Abu-abu	Very Soft s/d Stiff	9.5							
11							10.0	UD 2						
12							10.5	SPT-4	1	0	0	1	1	
13							12.5							
14							13.0	SPT-5	3	1	1	2	3	
15							14.5							
16		-16.00	12.00				15.0	UD 3						
17							15.5	SPT-6	18	5	8	10	18	
18							17.5							
19							18.0	SPT-7	31	10	13	18	31	
20							19.5							
21					Lempung Berlanau Berpasir Coklat Kekuningan	Hard	20.0	UD 4						
22		-22.00	6.00				20.5	SPT-8	>60	12	38	60/3cm	>60	





Reference projects

JKG Tower at Jalan Raja Laut

> Kuala Lumpur, Malaysia


Working faster due to safer conditions

Barwa Commercial Avenue


> Doha, Qatar


Overview Technical Details

- For square or rectangular cross-sections continuously from 20 cm x 20 cm to maximum 120 cm x 80 cm
- Project-specific adapted solution
- Maximum permissible fresh concrete pressure 100 kN/m² in the standard configuration; planned as required for higher pressure
- With working and concreting platforms as well as access ladders



[Projects](#)
[Products](#)
[Knowledge](#)
[Company](#)
[Career](#)





7/17

Wall heights up to 3.30 m can be formed with TRIO 330 without any height extensions and with only two tie positions. The 3.30 m high panel can also be combined with the 2.70 m version.

Reference projects

Albian Sands

> Fort McMurray, Canada
Flexibly adapted to high loads

South Health Campus

> Calgary, Canada
2.800 m² slab area per week with innovative table solution

[Overview](#) [Technical Details](#) [Extended programme](#)

- Flexibly used panel formwork for fast working operations, compatible with MAXIMO panel formwork
- Panel heights up to 3.30 m, panel widths up to 2.40 m (stander system)
- Maximum permissible fresh concrete pressure: 80 kN/m²
- Can be used with DW 16 and DW 20 tie systems
- Flush, aligned and tight connections with the SPD Alignment Coupler – including filler timber compensations up to 10 cm
- Simple cleaning operations due to the powdercoated frame



CV. ANUGERAH AJITAMA

SUPPLIER MATERIAL BANGUNAN

No. Telp : (031) 8959416 / 082220524447
Fax : (031) 8959416
Email : anugerahajitama@gmail.com

CITICON adalah bata ringan AAC (Autoclaved Aerated Concrete) sebagai salah satu alternatif solusi untuk Smart Building, yang terbuat dari bahan baku berkualitas tinggi dengan standar Deutsche Industrie Norm (DIN) dan diproduksi di Indonesia dengan teknologi Jerman; sehingga harga lebih ekonomis dibandingkan dengan produk sejenis.

CITICON memberikan kemudahan, kecepatan serta kerapian bagi kebutuhan konstruksi Anda, baik berupa bangunan rumah tinggal, gedung komersial, bangunan industri dan fasilitas umum lainnya. Dengan CITICON, Anda bisa membangun lebih efektif, cepat, dengan harga yang kompetitif dibandingkan dengan bata konvensional.

Karakteristik khusus CITICON







Pralok Lembar 60 x 60 Sudut 90° Perforasi Holes Ringan & Kuat

SPEKIFIKASI TEKNIS CITICON



Panjang, l (mm) : 600
Tinggi, h (mm) : 200; 400
Tebal, t (mm) : 75; 100; 125; 150; 200
Berat jenis kering, ρ (kg/m³) : 530
Berat jenis normal, ρ (kg/m³) : 600
Kuat tekan, σ (N/mm²) : ≥4.0
Konduktifitas termal, λ (W/mK) : 0.14

Dimensi Standar : panjang x lebar x tinggi (l x b x t) 600 x 600 x 200

Tebal	mm	75	100	125	150	175	200
Volume / Paket	m ³	0.9	0.8	0.8	0.8	0.84	0.84
Luasan Bata / Paket	m ²	5.25	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5
Luas Cladding / m ²	m ²	13.33	10.00	8.00	6.67	5.75	5.00
Berat / Paket (termasuk pallet)	kg	528	528	528	528	494	494
kg / m ³		584	660	640	640	584	584

BIODATA PENULIS



Mutiara Ramadhyanita, lahir di Ponorogo, 15 Februari 1995, merupakan anak kedua dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Aisyah Mangkujayan tahun 2001, SDN 3 Bangunsari tahun 2007, SMPN 1 Ponorogo tahun 2010, dan SMAN 1 Ponorogo tahun 2013. Setelah lulus dari SMAN 1 Ponorogo, penulis diterima di program studi Diploma IV Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi ITS pada tahun 2013 dan terdaftar dengan

NRP 3113041001. Total 8 semester dan 144 sks telah dijalani penulis hingga lulus dari program studi Diploma IV Teknik Sipil (Bangunan Gedung) ini. Penulis juga aktif di Himpunan Mahasiswa Program Studi Diploma IV Teknik Infrastruktur Sipil sebagai kepala departemen Kesejahteraan Mahasiswa (EDWARD) pada periode 2014-2015. Penulis sempat mengikuti Kerja Praktek di PT. PEMBANGUNAN PERUMAHAN pada Proyek Pembangunan Apartemen Gunawangsa Tidar. Penulis dapat dihubungi melalui *e-mail*: masduki.tara@gmail.com

UCAPAN TERIMA KASIH

Tersusunnya Tugas Akhir Terapan ini tidak lepas dari doa, dukungan dan motivasi berbagai pihak yang telah banyak membantu dan memberikan masukan serta arahan. Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih dan dengan sepenuh hati penulis persembahkan untuk :

1. Allah S.W.T yang telah memberikan ridho-Nya sehingga TAT ini berjalan dengan lancar dari mulai penyusunan hingga akhir.
2. Kedua orang tua (Masduki dan Winarsih), kakak (Fitra Duwnki Akbar) dan saudara-saudara, sebagai motivasi utama dan yang telah banyak memberi dukungan moril maupun materiil, terutama doa.
3. Bapak R. Buyung Anugraha A., ST., MT. dan Afif Navir Refani, ST., MT., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama penyusunan TAT.
4. Hisyam Ashfahani dan Vionita Krisma, yang selalu ada dalam setiap kesulitan dan tak henti-hentinya saling menguatkan dan memberi motivasi.
5. Teman-teman sepembimbing (Yunita, Rafael, Bahar, dll) yang telah berbagi keluh kesah, dukungan, bantuan dan kerjasama.
6. Teman-teman seperjuangan program studi DIV Teknik Infrastruktur Sipil 2013 (DS34), khususnya A13 yang telah banyak memberikan semangat, dukungan, bantuan dan kerja sama selama masa perkuliahan.
7. Teman-teman tersayang Kordesian (Vio, Ika, Icha, Tiara, Rizka, Rizky, Dera, Sulal).
8. Teman-teman tersayang Herderdonateboreti (Dina, Nadiya, Indah)

9. Teman-teman tersayang Hore (Randa, Hardika, Piqi, Bima, Hafiz, Bima PJ, Irfan, Alfian, Bara, Ferdin, Navis, Oky), Ladies Ceria (Rania, Pipit, Karina, Berlian).
10. Almamater Institut Teknologi Sepuluh Nopember, terimakasih atas ilmu dan pengalaman yang sangat berharga.

Penulis berharap semoga amal kebaikan dari seluruh pihak yang terlibat mendapat balasan dari Allah S.W.T. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan TAT ini terdapat kekurangan dan masih jauh dari kata sempurna, untuk itu diharapkan terdapat kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan porposal TAT ini. Demikian, semoga proposal TAT ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

PROYEK AKHIR TERAPAN - RC146599

LAMPIRAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI SURABAYA MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM (SISTEM GANDA) SERTA METODE PELAKSANAAN KONSTRUKSI KOLOM DAN SHEARWALL

Mahasiswa

MUTIARA RAMADHYANITA

NRP. 3113041001

Dosen Pembimbing I

R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

Dosen Pembimbing II

Affif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19840919 201504 1 001

PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
SURABAYA 2017

PROYEK AKHIR TERAPAN - RC146599

LAMPIRAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI SURABAYA MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM (SISTEM GANDA) SERTA METODE PELAKSANAAN KONSTRUKSI KOLOM DAN SHEARWALL

Mahasiswa

MUTIARA RAMADHYANITA

NRP. 3113041001

Dosen Pembimbing I

R. Buyung Anugraha A., ST., MT.

NIP. 19740203 200212 1 002

Dosen Pembimbing II

Afif Navir Refani, ST., MT.

NIP. 19840919 201504 1 001

PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
SURABAYA 2017

DAFTAR GAMBAR

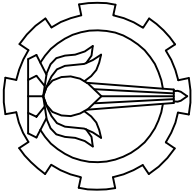
KODE GAMBAR	NAMA GAMBAR	NOMOR GAMBAR
DENAH LANTAI		
ARS	DENAH LANTAI BASEMENT	01
ARS	DENAH LANTAI 01	02
ARS	DENAH LANTAI 02	03
ARS	DENAH LANTAI 03	04
ARS	DENAH LANTAI 04	05
ARS	DENAH LANTAI 05	06
ARS	DENAH LANTAI 06	07
ARS	DENAH LANTAI 07	08
ARS	DENAH LANTAI 08	09
ARS	DENAH LANTAI 09	10
ARS	DENAH LANTAI 10	11
ARS	DENAH LANTAI 11	12
ARS	DENAH LANTAI 12	13
POTONGAN		
ARS	POTONGAN A-A	14
ARS	POTONGAN B-B	15
ARS	POTONGAN C-C	16
TAMPAK		
ARS	TAMPAK UTARA	17
ARS	TAMPAK SELATAN	18
ARS	TAMPAK BARAT	19
ARS	TAMPAK TIMUR	20

KODE GAMBAR	NAMA GAMBAR	NOMOR GAMBAR
STRUKTUR PLAT LANTAI		
STR	DENAH PENULANGAN PELAT LANTAI BASEMENT	21
STR	DENAH PENULANGAN PELAT LANTAI 01	22
STR	DENAH PENULANGAN PELAT LANTAI 02	23
STR	DENAH PENULANGAN PELAT LANTAI 03	24
STR	DENAH PENULANGAN PELAT LANTAI 04	25
STR	DENAH PENULANGAN PELAT LANTAI 05	26
STR	DENAH PENULANGAN PELAT LANTAI 06	27
STR	DENAH PENULANGAN PELAT LANTAI 07	28
STR	DENAH PENULANGAN PELAT LANTAI 08	29
STR	DENAH PENULANGAN PELAT LANTAI 09	30
STR	DENAH PENULANGAN PELAT LANTAI 10	31
STR	DENAH PENULANGAN PELAT LANTAI ATAP	32
STR	DENAH PENULANGAN PELAT TIPE 1 (P1)	33
STR	DENAH PENULANGAN PELAT TIPE 2 (P2)	34
STR	DENAH PENULANGAN PELAT TIPE 3 (P3)	35
STR	DENAH PENULANGAN PELAT TIPE 4 (P4)	36
STR	DENAH PENULANGAN PELAT TIPE 5 (P5)	37
STR	DENAH PENULANGAN PELAT TIPE 6 (P6)	38
STR	DENAH PENULANGAN PELAT TIPE 7 (P7)	39
STR	RENCANA PENULANGAN PELAT LANTAI 1 - 10	40

DAFTAR GAMBAR

KODE GAMBAR	NAMA GAMBAR	NOMOR GAMBAR
STRUKTUR TANGGA		
STR	DENAH RENCANA TANGGA TIPE 1 DAN TIPE 2	41
STR	PENULANGAN TANGGA TIPE 1 DAN TIPE 2	42
STR	POTONGAN A-A PENULANGAN TANGGA TIPE 1	43
STR	POTONGAN B-B PENULANGAN TANGGA TIPE 2	44
STR	POTONGAN A-A PENULANGAN TANGGA TIPE 1	45
STR	POTONGAN B-B PENULANGAN TANGGA TIPE 2	46
STR	DETAIL PENULANGAN TANGGA	47
DENAH BALOK DAN KOLOM		
STR	DENAH SLOOF	48
STR	DENAH BALOK LANTAI 1-10 (TIPIKAL)	49
STR	DENAH BALOK LANTAI ATAP	50
STR	DENAH KOLOM LT.BASEMENT - LT.4 (TIPIKAL)	51
STR	DENAH KOLOM LT.5 - LT.10 (TIPIKAL)	52
STR	DENAH KOLOM LANTAI ATAP LIFT	53

KODE GAMBAR	NAMA GAMBAR	NOMOR GAMBAR
DETAIL PENULANGAN BALOK, KOLOM, SHEARWALL		
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK B1 DAN B2	54
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK B3 DAN B4	55
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK B5 DAN B6	56
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK BS DAN BK	57
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK BA DAN BL	58
STR	DETAIL PENULANGAN KOLOM AS E (+0,0m - +4,2m)	59
STR	DETAIL PENULANGAN KOLOM AS E (+4,2m - +8,4m)	60
STR	DETAIL PENULANGAN KOLOM AS E (+16,8m - +21,0m)	61
STR	DETAIL PENULANGAN KOLOM AS E (+21,0m - +25,2m)	62
STR	DETAIL PENULANGAN KOLOM AS C' (+0,0m - +4,2m)	63
STR	DETAIL PENULANGAN KOLOM AS C' (+4,2m - +8,4m)	64
STR	DETAIL PENULANGAN SHEARWALL	65
STR	DETAIL HUBUNGAN BALOK KOLOM	66
REKAP PENULANGAN BALOK DAN KOLOM		
STR	REKAP PENULANGAN BALOK	67
STR	REKAP PENULANGAN KOLOM	68
DETAIL POTONGAN PORTAL		
STR	PENULANGAN PORTAL MEMANUANG AS 1-10	69
STR	PENULANGAN PORTAL MELINTANG AS B-G	70
STR	DETAIL PENULANGAN A PORTAL MEMANUANG	71
STR	DETAIL PENULANGAN B PORTAL MELINTANG	72



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN SHEARWALL

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:
R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:
Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISITANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

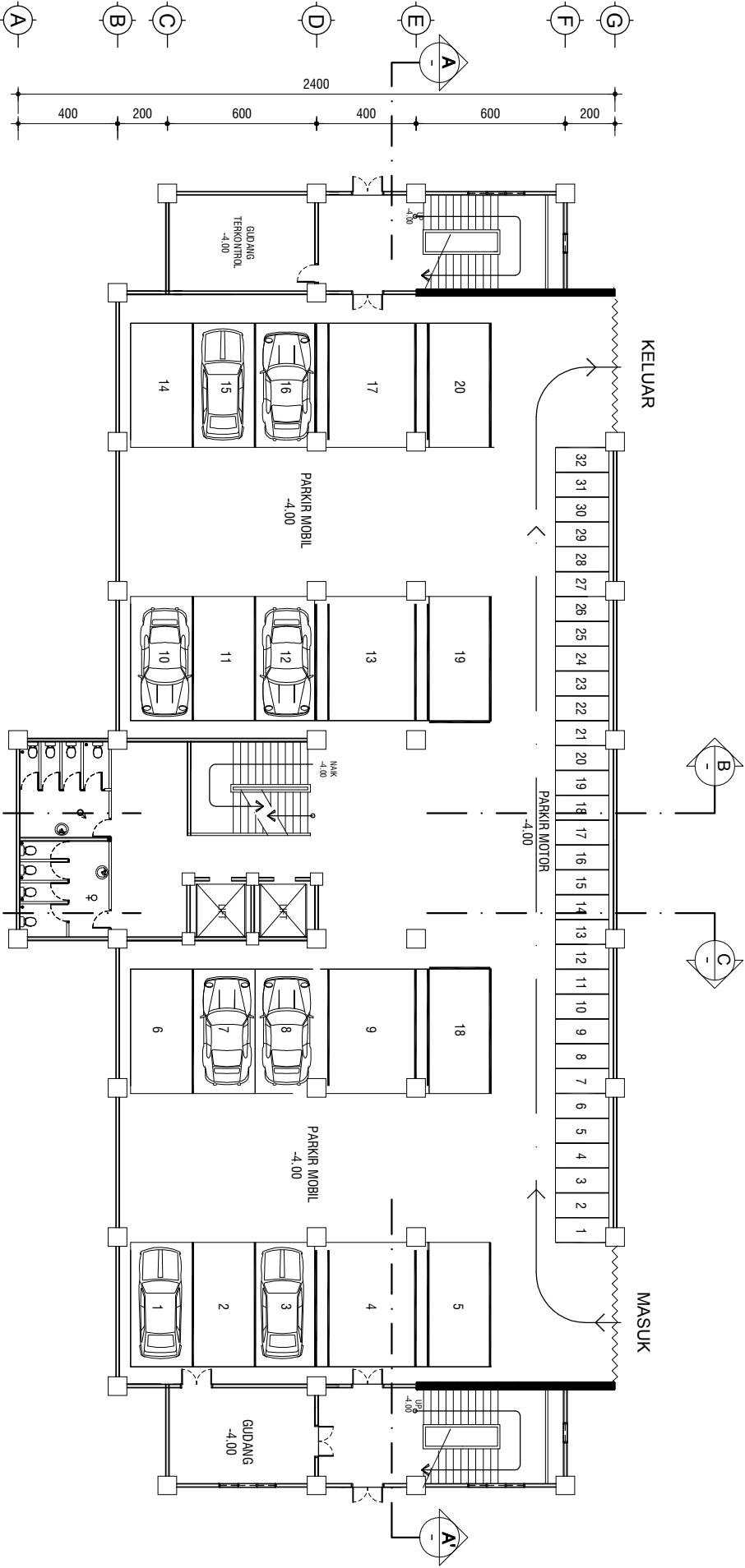
DENAH LANTAI BASEMENT

KODE GAMBAR SKALA

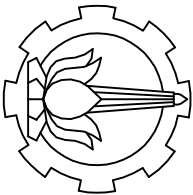
ARS -

NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

1 72



DENAH RENCANA LANTAI BASEMENT
Skala 1:250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN SHEARWALL

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:

R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:

Afi' Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISITANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI 1

KODE GAMBAR SKALA

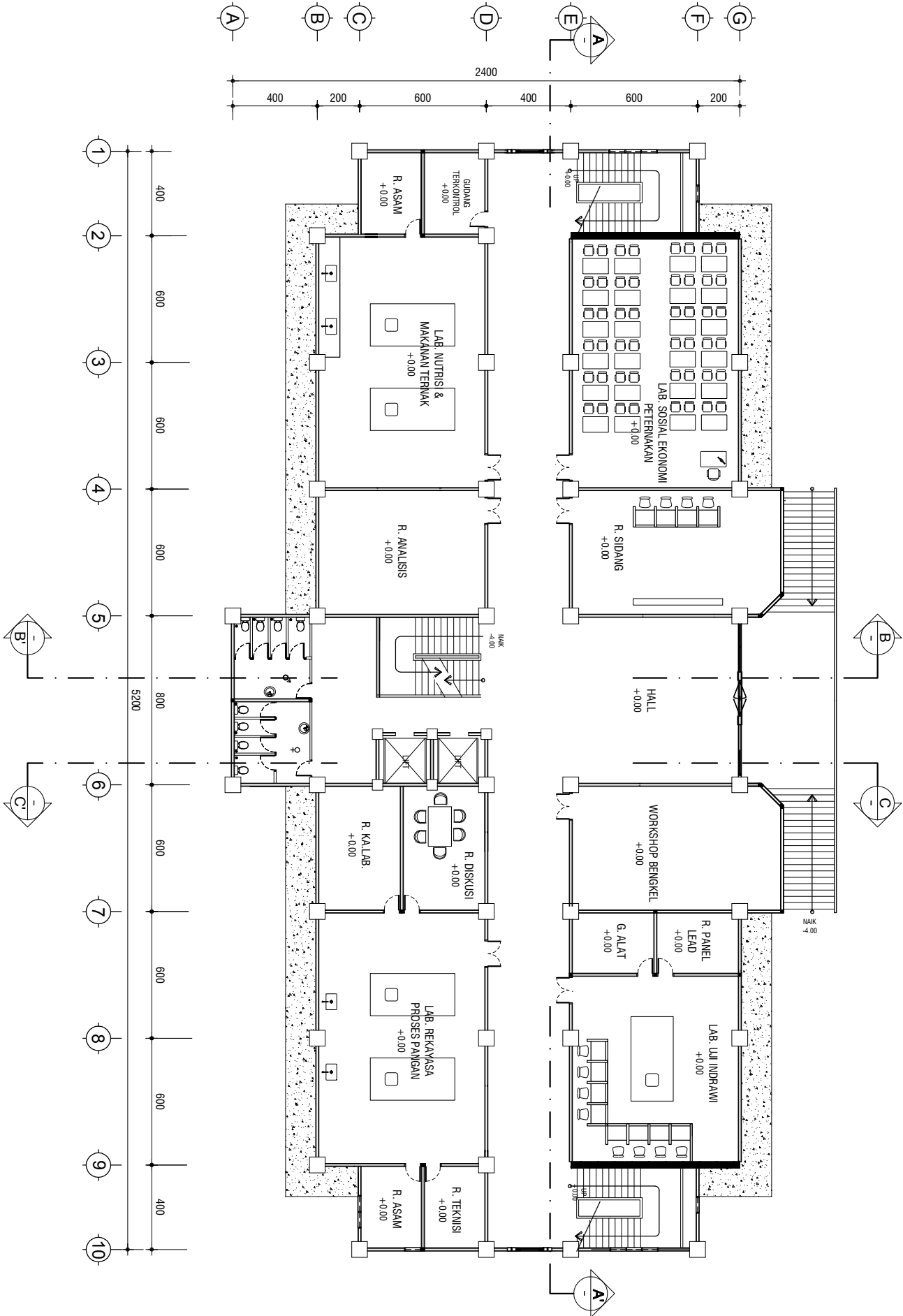
ARS

-

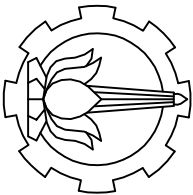
NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

2

72



DENAH RENCANA LANTAI 01
Skala 1:250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN *DUAL SYSTEM*
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN *SHEARWALL*

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:

R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:

Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISITANAH = 35 Mpa
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

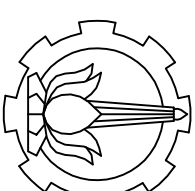
DENAH LANTAI 2

KODE GAMBAR SKALA

ARS -

NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

3 72



**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV. DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG**

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN *DUAL SYSTEM*
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN *SHEARWALL***

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:

R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:

Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN	= BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISI TANAH	= TANAH LUNAK
MUTU BETON	= 35 Mpa
MUTU BAJA	= 400 Mpa

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI 3

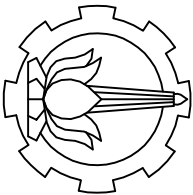
KODE GAMBAR	SKALA
-------------	-------

ARS

NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
1	1
2	1
3	1
4	1
5	1
6	1
7	1
8	1
9	1
10	1
11	1
12	1
13	1
14	1
15	1
16	1
17	1
18	1
19	1
20	1
21	1
22	1
23	1
24	1
25	1
26	1
27	1
28	1
29	1
30	1
31	1
32	1
33	1
34	1
35	1
36	1
37	1
38	1
39	1
40	1
41	1
42	1
43	1
44	1
45	1
46	1
47	1
48	1
49	1
50	1
51	1
52	1
53	1
54	1
55	1
56	1
57	1
58	1
59	1
60	1
61	1
62	1
63	1
64	1
65	1
66	1
67	1
68	1
69	1
70	1
71	1
72	1
73	1
74	1
75	1
76	1
77	1
78	1
79	1
80	1
81	1
82	1
83	1
84	1
85	1
86	1
87	1
88	1
89	1
90	1
91	1
92	1
93	1
94	1
95	1
96	1
97	1
98	1
99	1
100	1



72



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN SHEARWALL

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:
R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:
Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISITANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

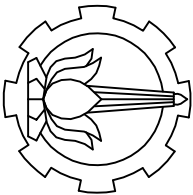
DENAH LANTAI 4

KODE GAMBAR SKALA

ARS

NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

5 72



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN SHEARWALL

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:
R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:
Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISITANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

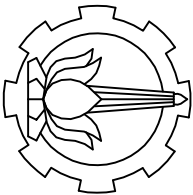
DENAH LANTAI 5

KODE GAMBAR SKALA

ARS -

NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

6 72



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN SHEARWALL

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:
R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:
Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISITANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

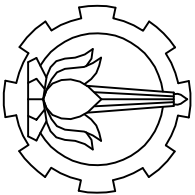
DENAH LANTAI 6

KODE GAMBAR SKALA

ARS -

NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

7 72



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN SHEARWALL

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:

R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:

Afi Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISITANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI 7

KODE GAMBAR SKALA

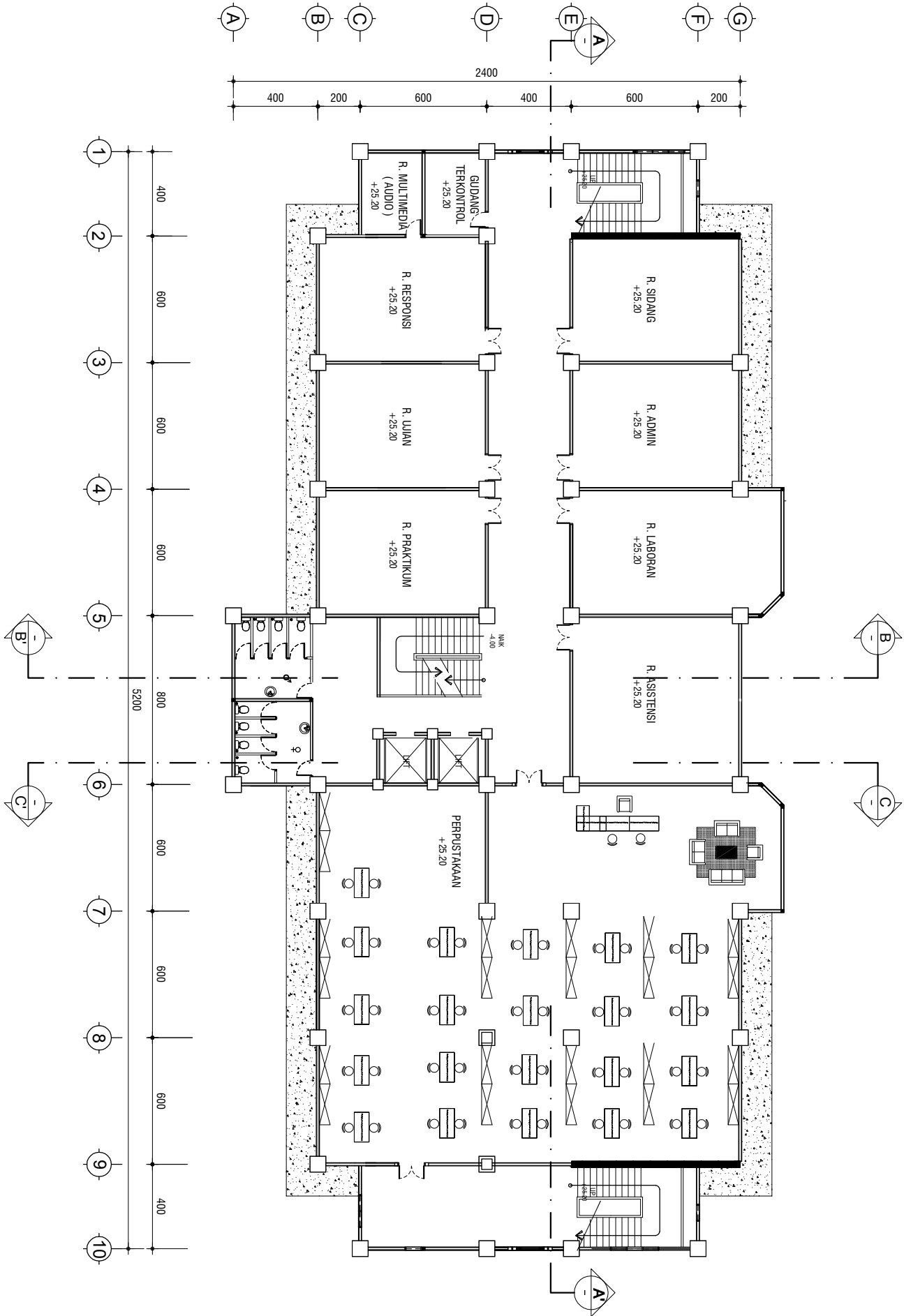
ARS

-

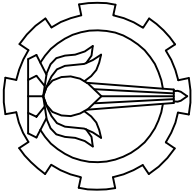
NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

8

72



DENAH RENCANA LANTAI 07
Skala 1:250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN SHEARWALL

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:
R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:

Afi Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISITANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

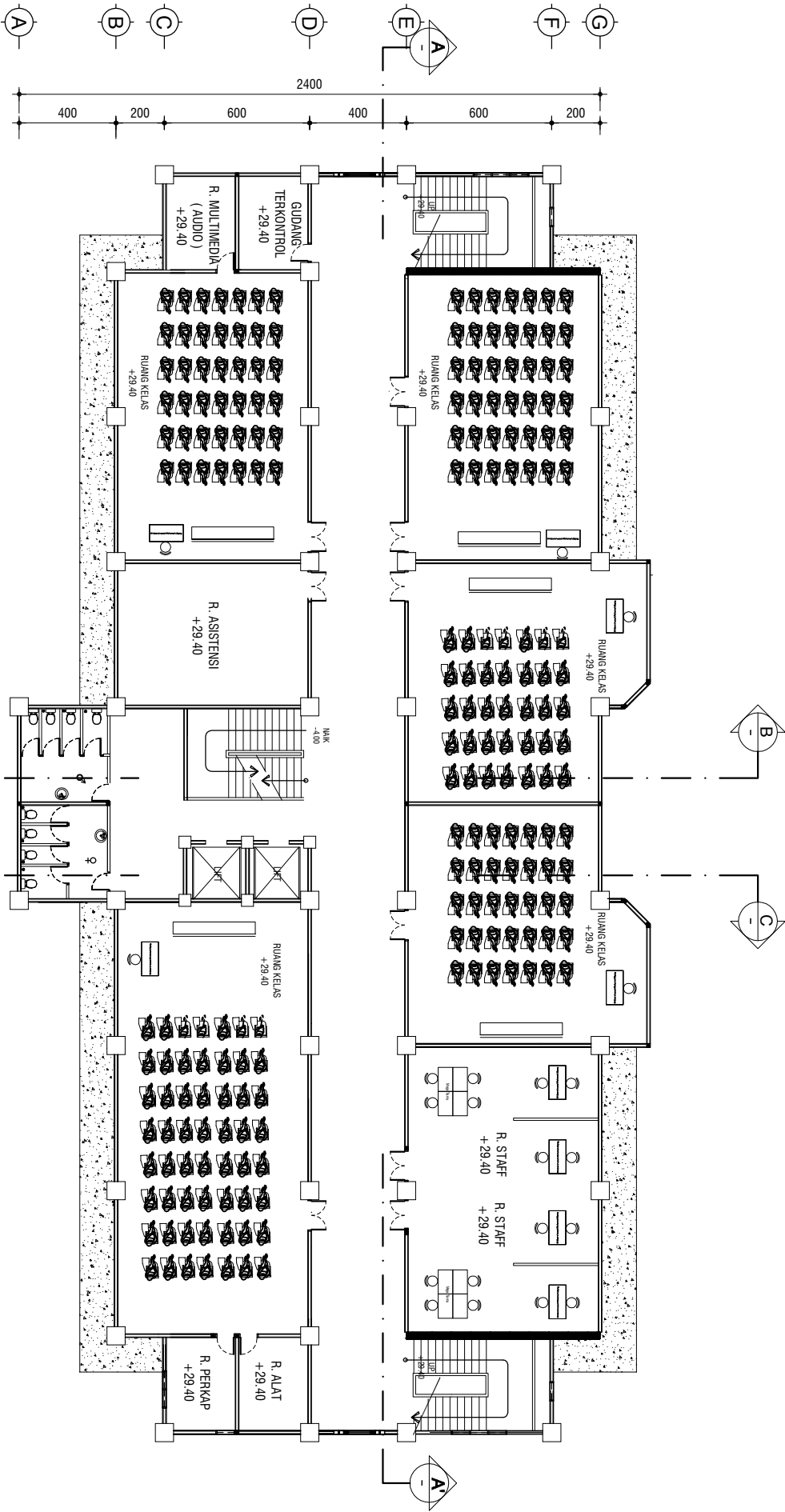
DENAH LANTAI 8

KODE GAMBAR SKALA

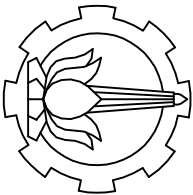
ARS

NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

9 72



DENAH RENCANA LANTAI 08
Skala 1:250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN *DUAL SYSTEM*
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN *SHEARWALL*

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:

R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:

Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISITANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

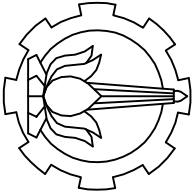
DENAH LANTAI 9

KODE GAMBAR SKALA

ARS

NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

10 72



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN SHEARWALL

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:

R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:

Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISITANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

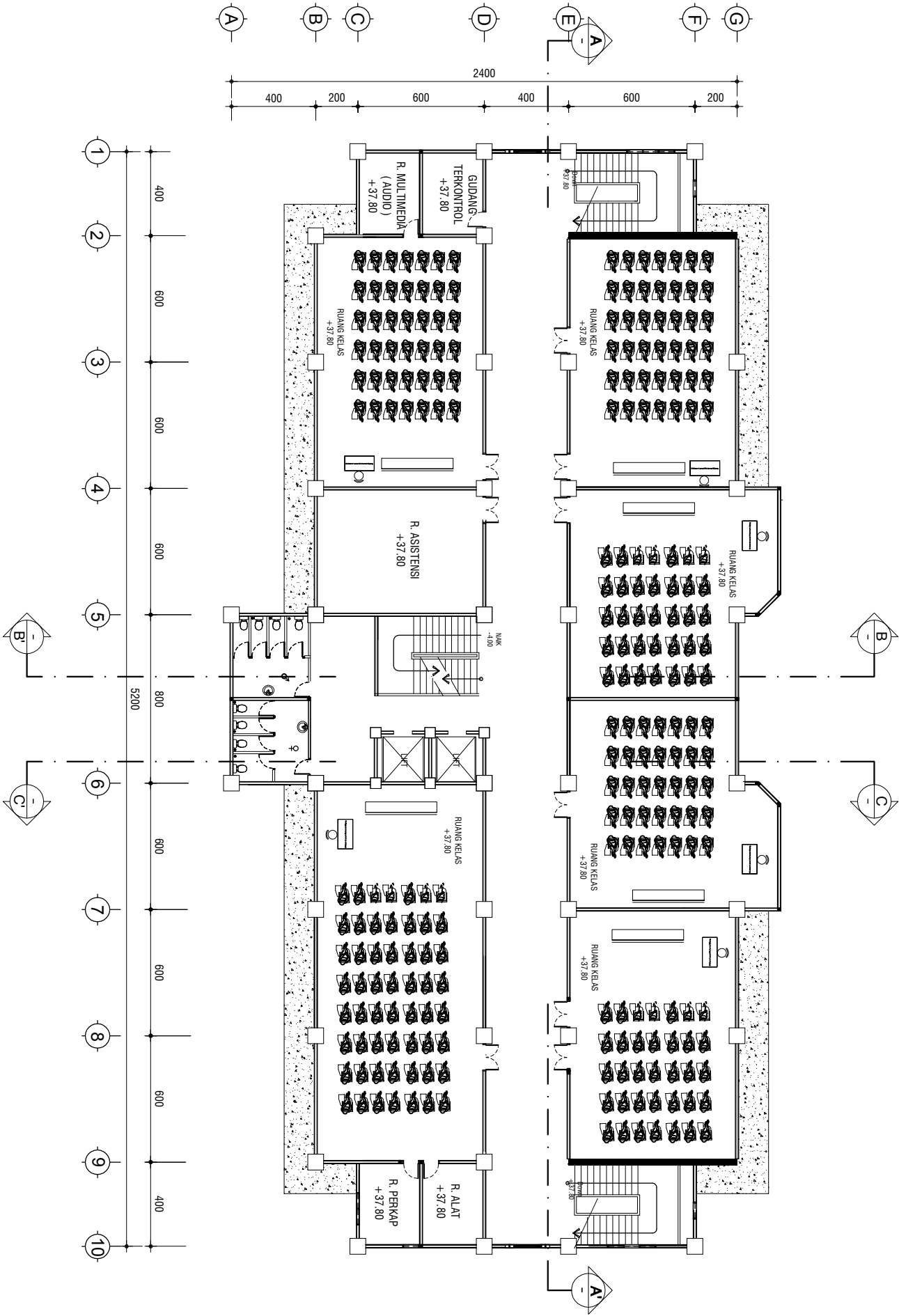
DENAH LANTAI 10

KODE GAMBAR SKALA

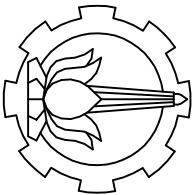
ARS

NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

11 72



DENAH RENCANA LANTAI 10
Skala 1:250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN SHEARWALL

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:

R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:

Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
MU TU BETON = 35 Mpa
MU TU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI ATAP

KODE GAMBAR SKALA

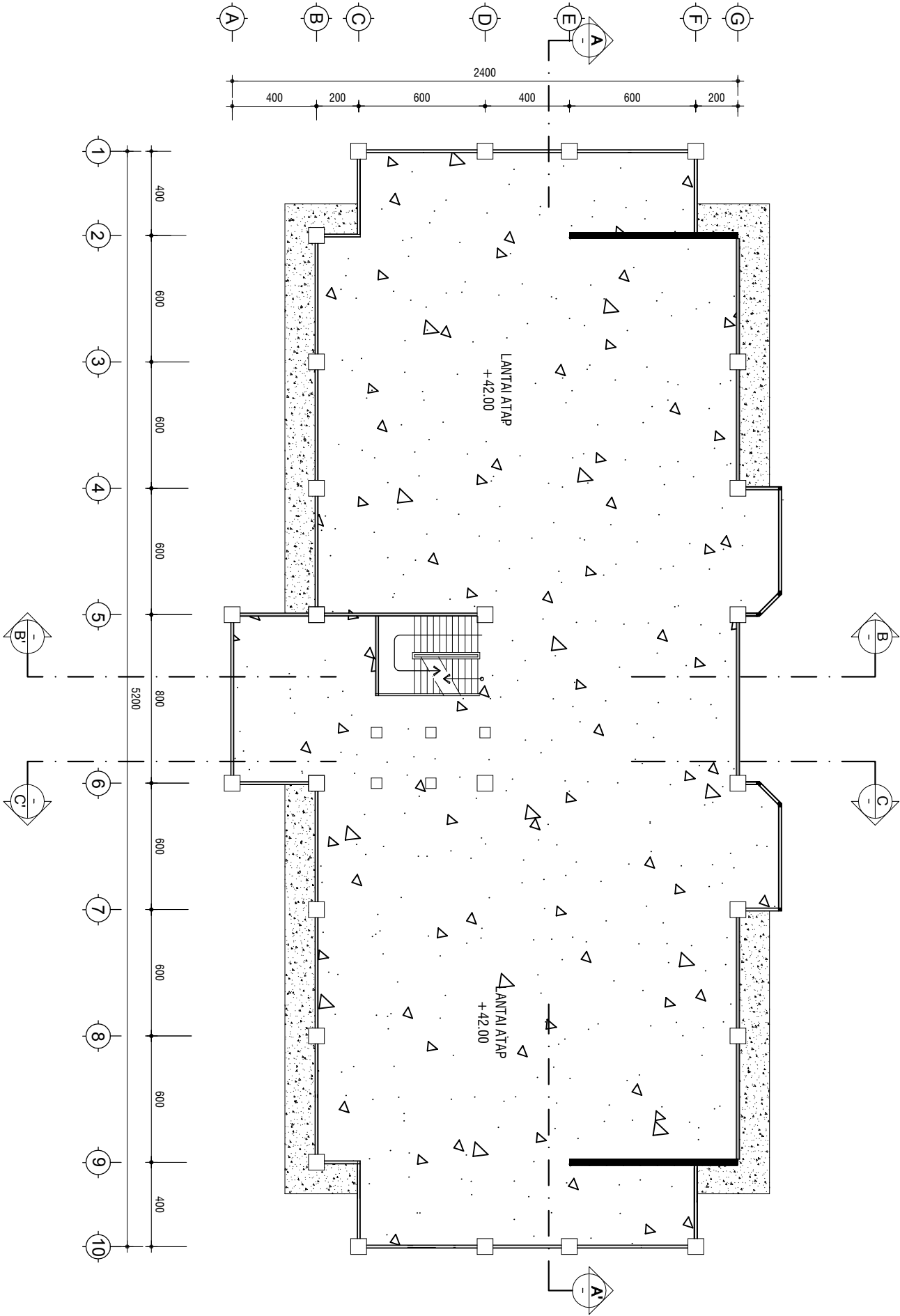
ARS

-

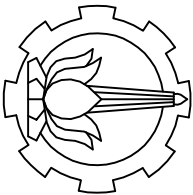
NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

12

72



DENAH RENCANA LANTAI ATAP
Skala 1:250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN *DUAL SYSTEM*
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN *SHEARWALL*

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:
R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:
Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISITANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI ATAP LIFT

KODE GAMBARSKALA

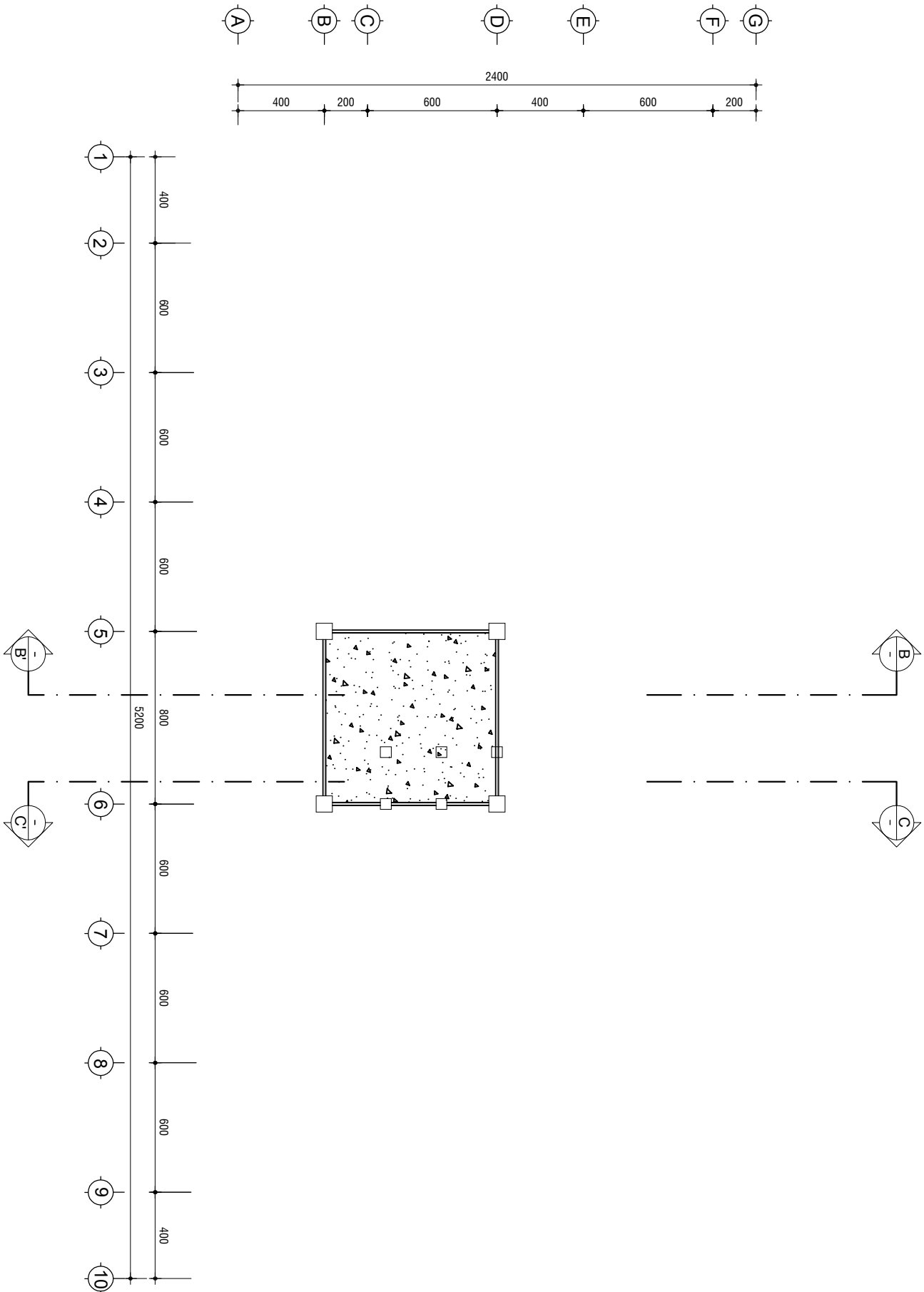
ARS-

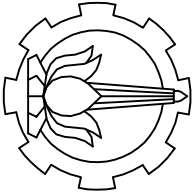
NO. LEMBARJUMLAH LEMBAR

1372

DENAH RENCANA LANTAI ATAP LIFT

Skala 1:250





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN SHEARWALL

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:
R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:
Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISITANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

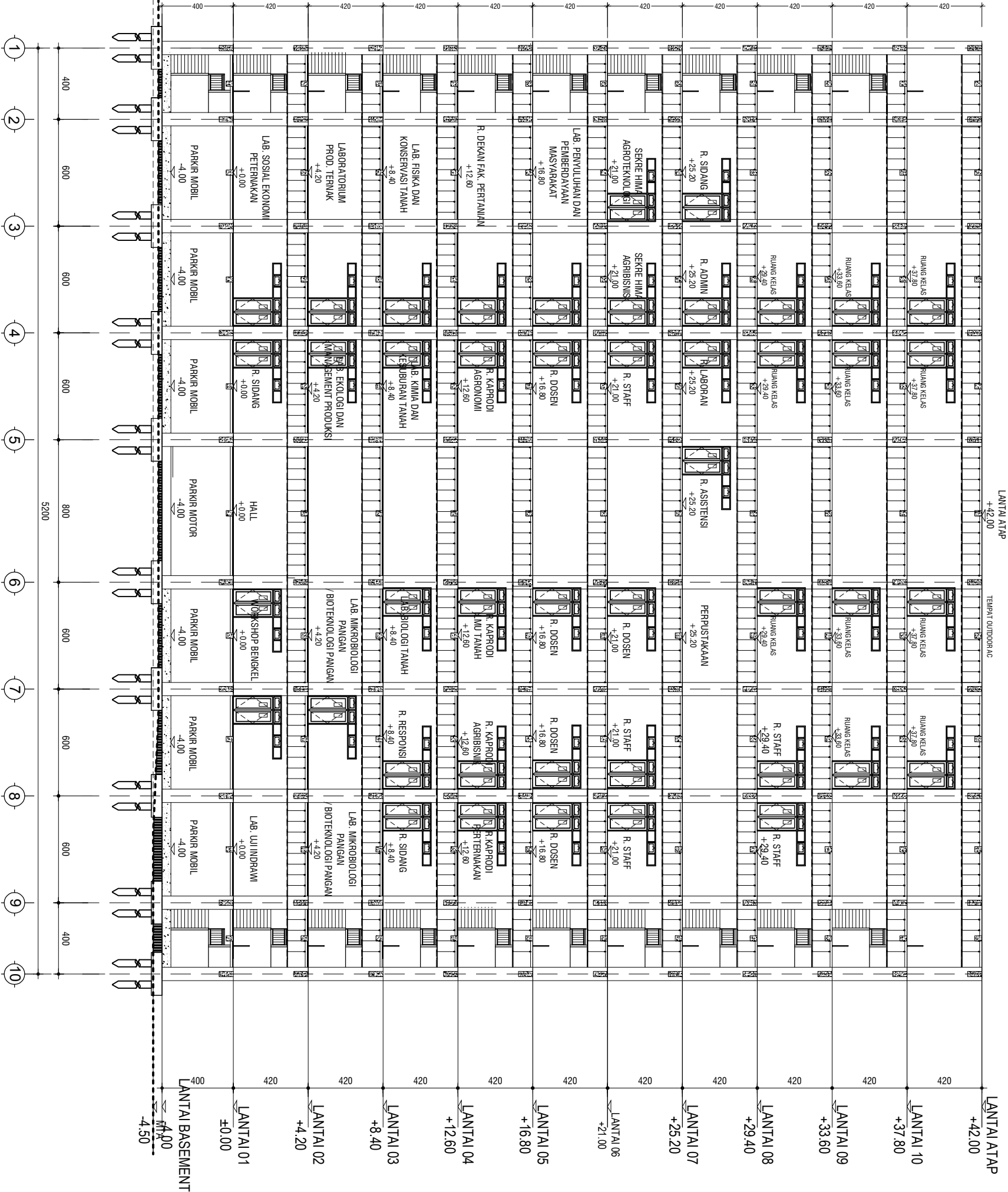
POTONGAN A-A

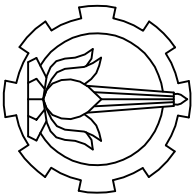
KODE GAMBAR SKALA

ARS

NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

14 72





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN SHEARWALL

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:

R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:

Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISITANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

POTONGAN B-B

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

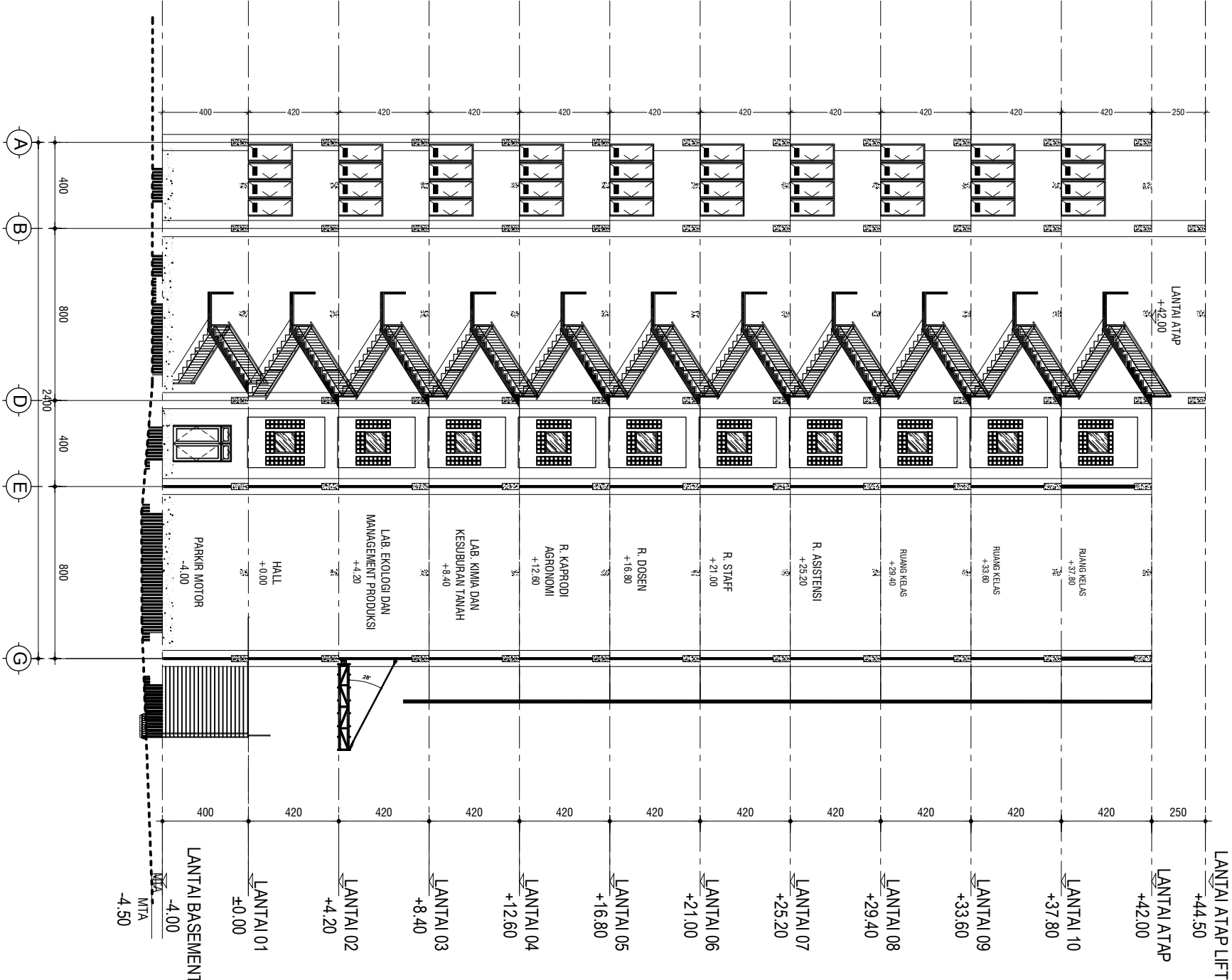
-

NO. LEMBAR

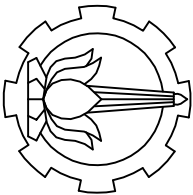
JUMLAH LEMBAR

15

72



POTONGAN B-B'
Skala 1:250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN SHEARWALL

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:

R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:

Aff Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

POTONGAN C-C

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

-

NO. LEMBAR

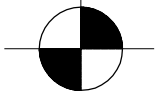
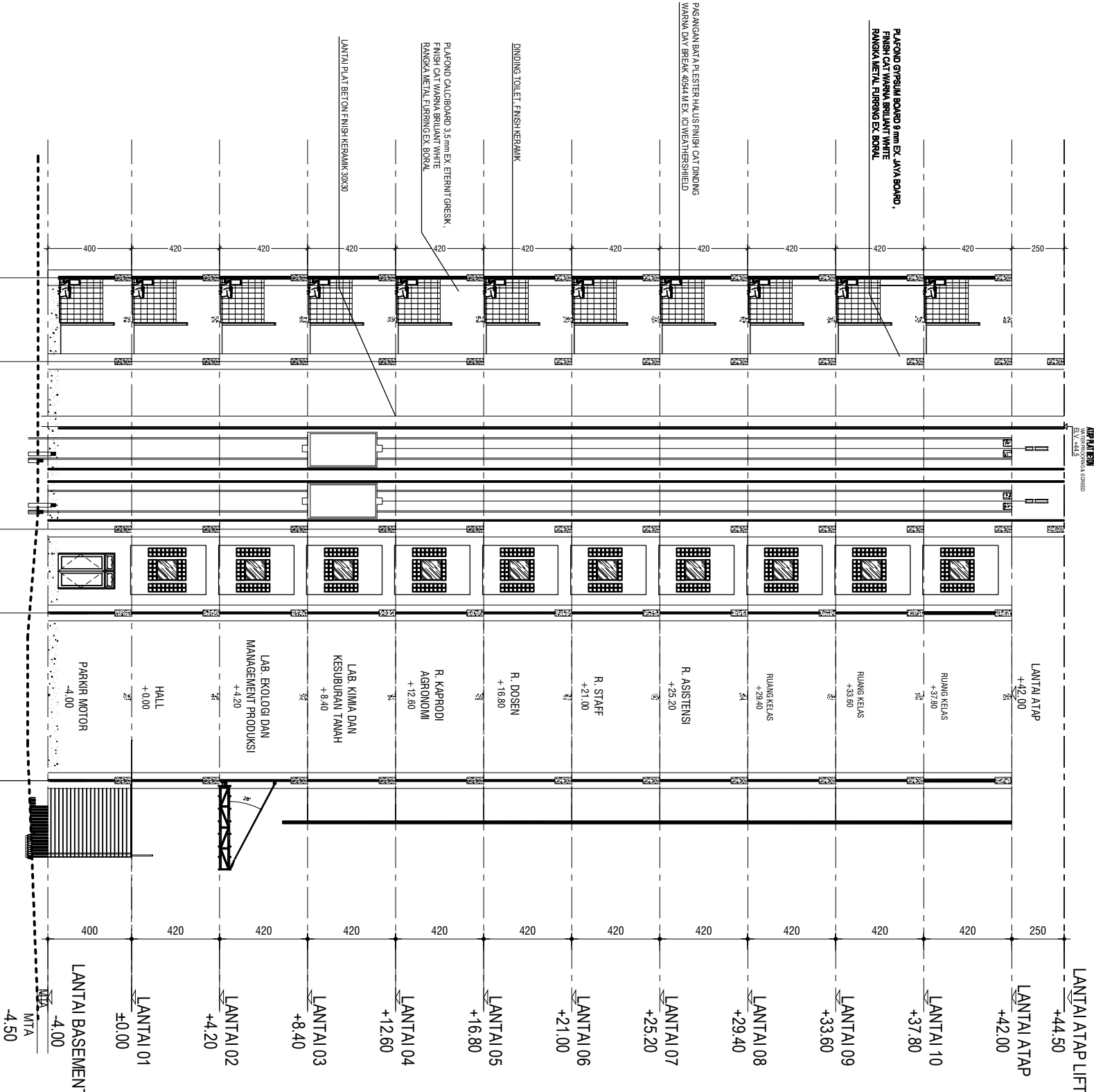
JUMLAH LEMBAR

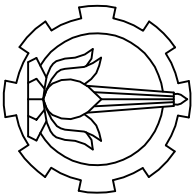
16

72

POTONGAN C-C'

Skala 1:250





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN SHEARWALL

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:

R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:

Aif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISITANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

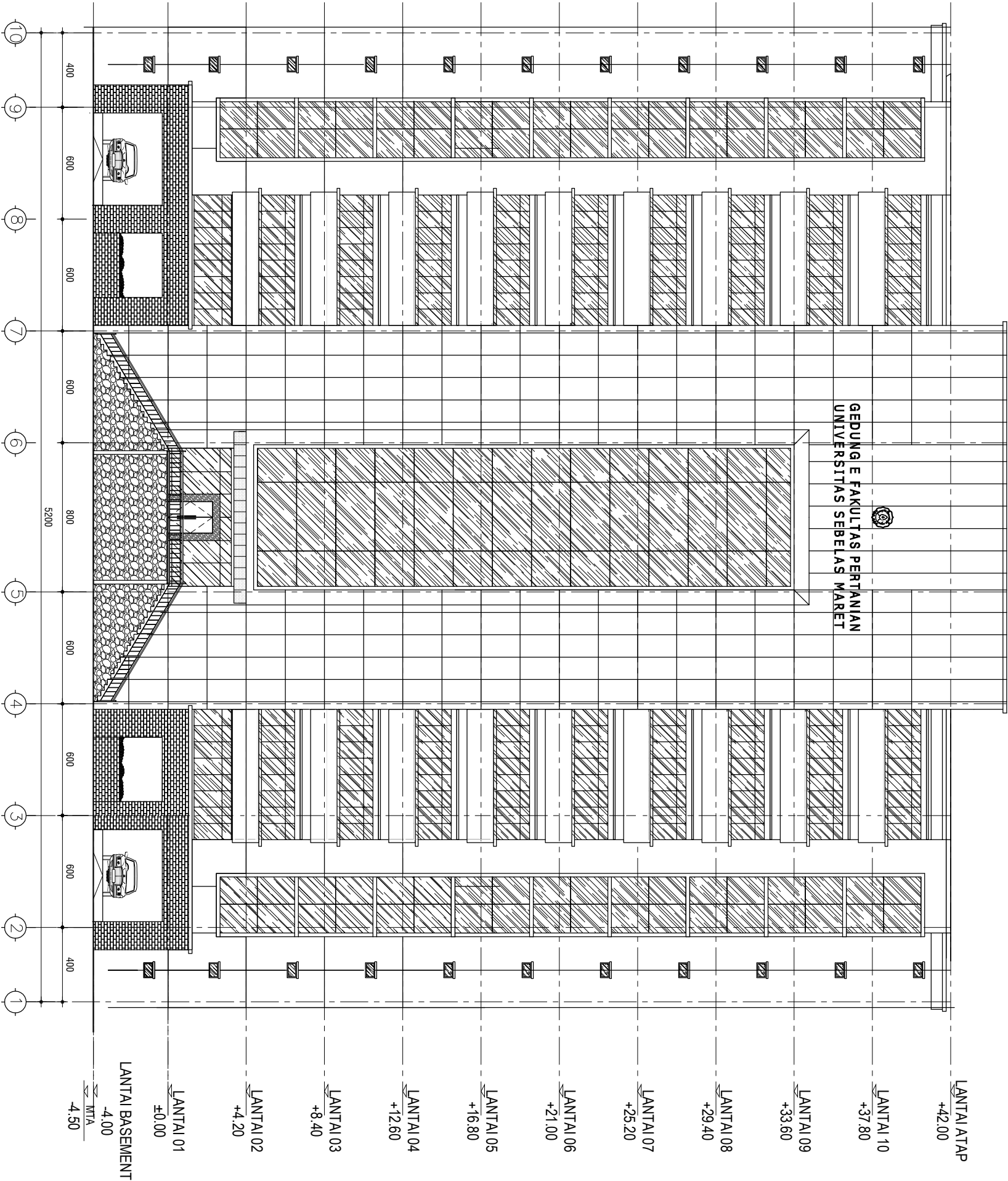
TAMPAK UTARA

KODE GAMBAR SKALA

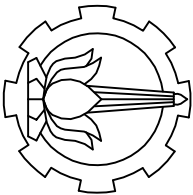
ARS -

NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

17 72



TAMPAK UTARA
Skala 1:250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN SHEARWALL

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:

R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:

Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISITANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

TAMPAK SELATAN

KODE GAMBAR	SKALA
-------------	-------

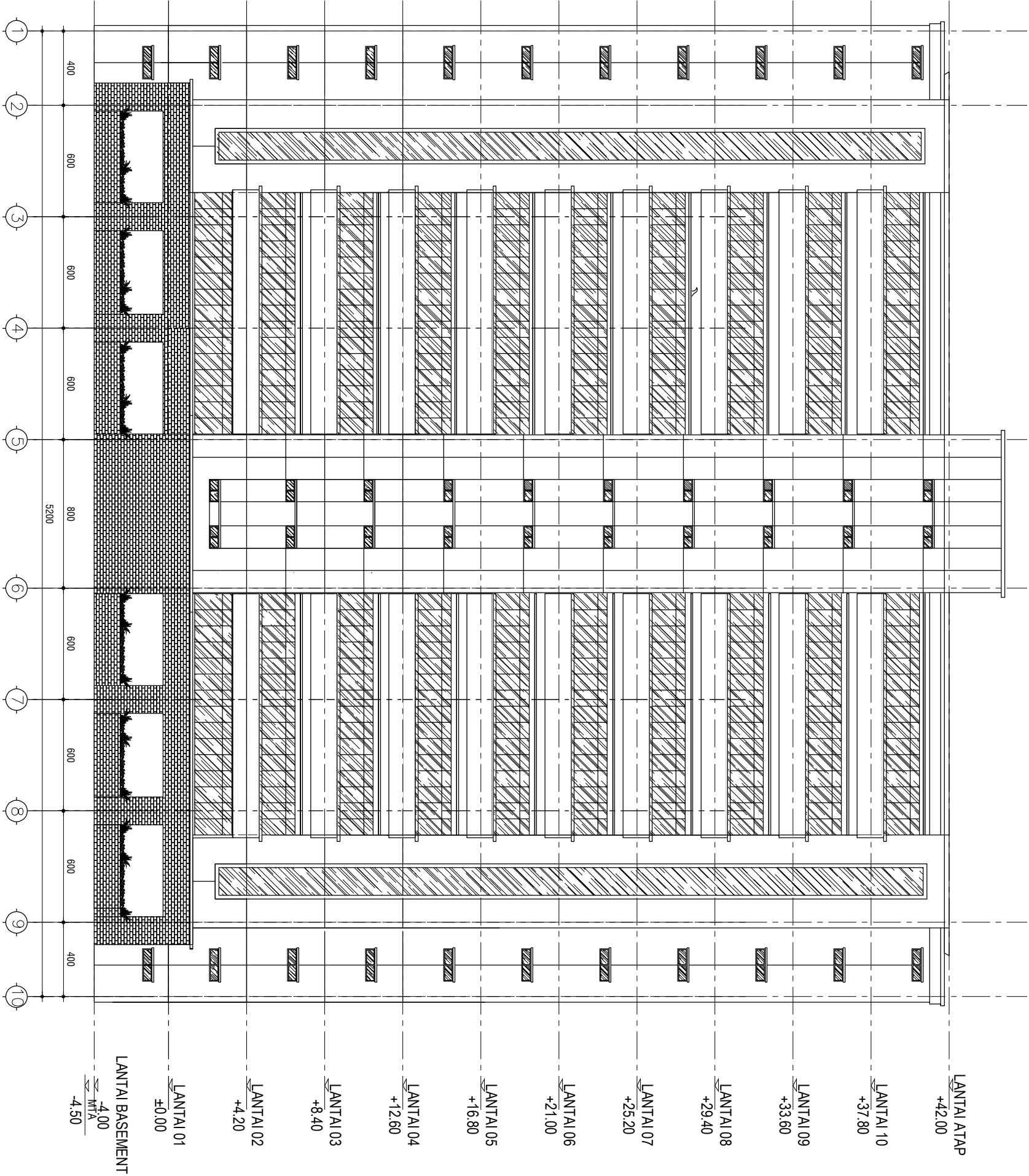
ARS

-

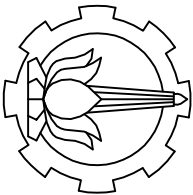
NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
------------	---------------

18

72



TAMPAK SELATAN
Skala 1:250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN SHEARWALL

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:

R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:

Afi Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISITANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

TAMPAK BARAT

KODE GAMBAR	SKALA
-------------	-------

ARS

-

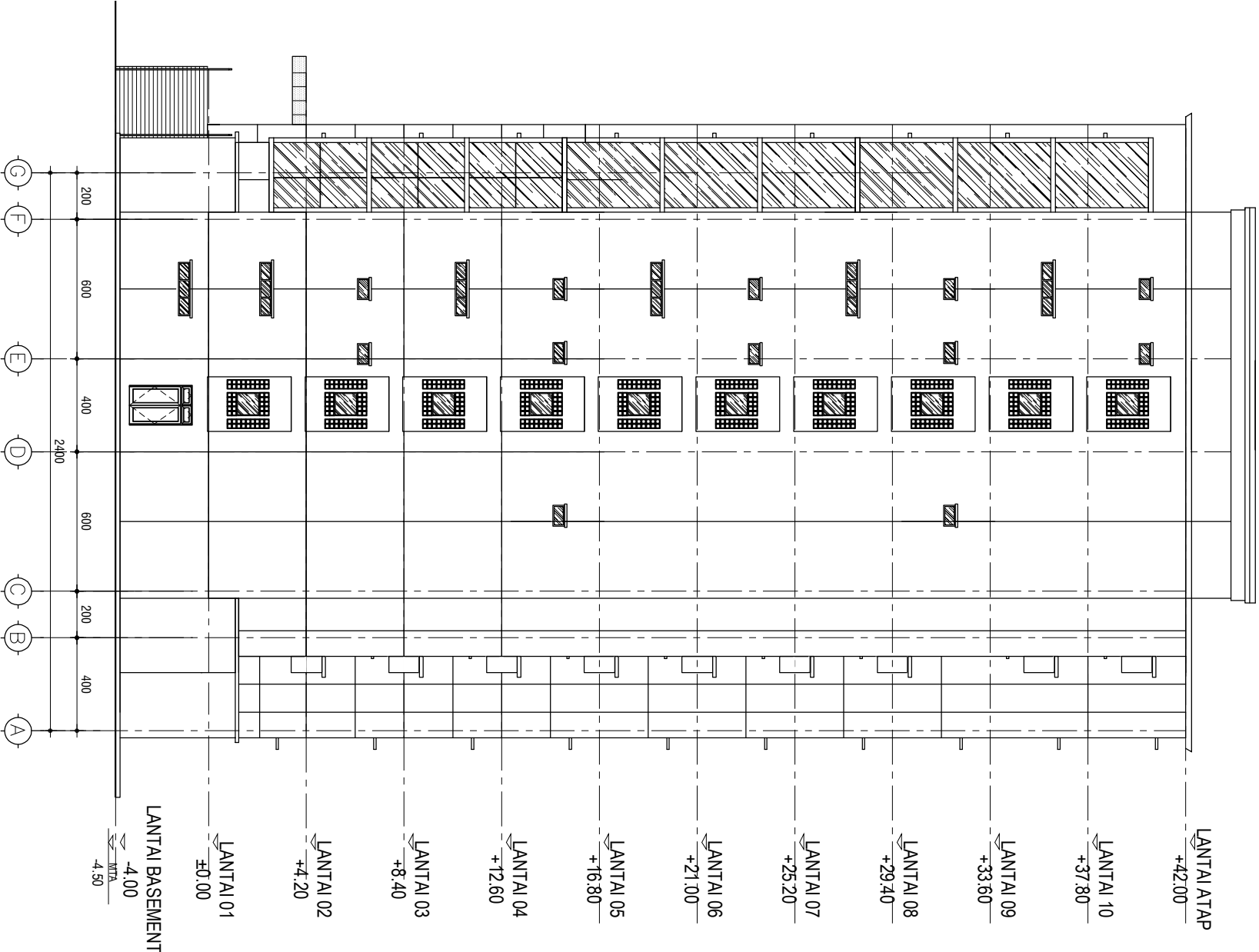
NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
------------	---------------

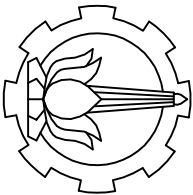
19

72

TAMPAK BARAT

Skala 1:250





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN SHEARWALL

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:

R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:

Afi Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISITANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

TAMPAK TIMUR

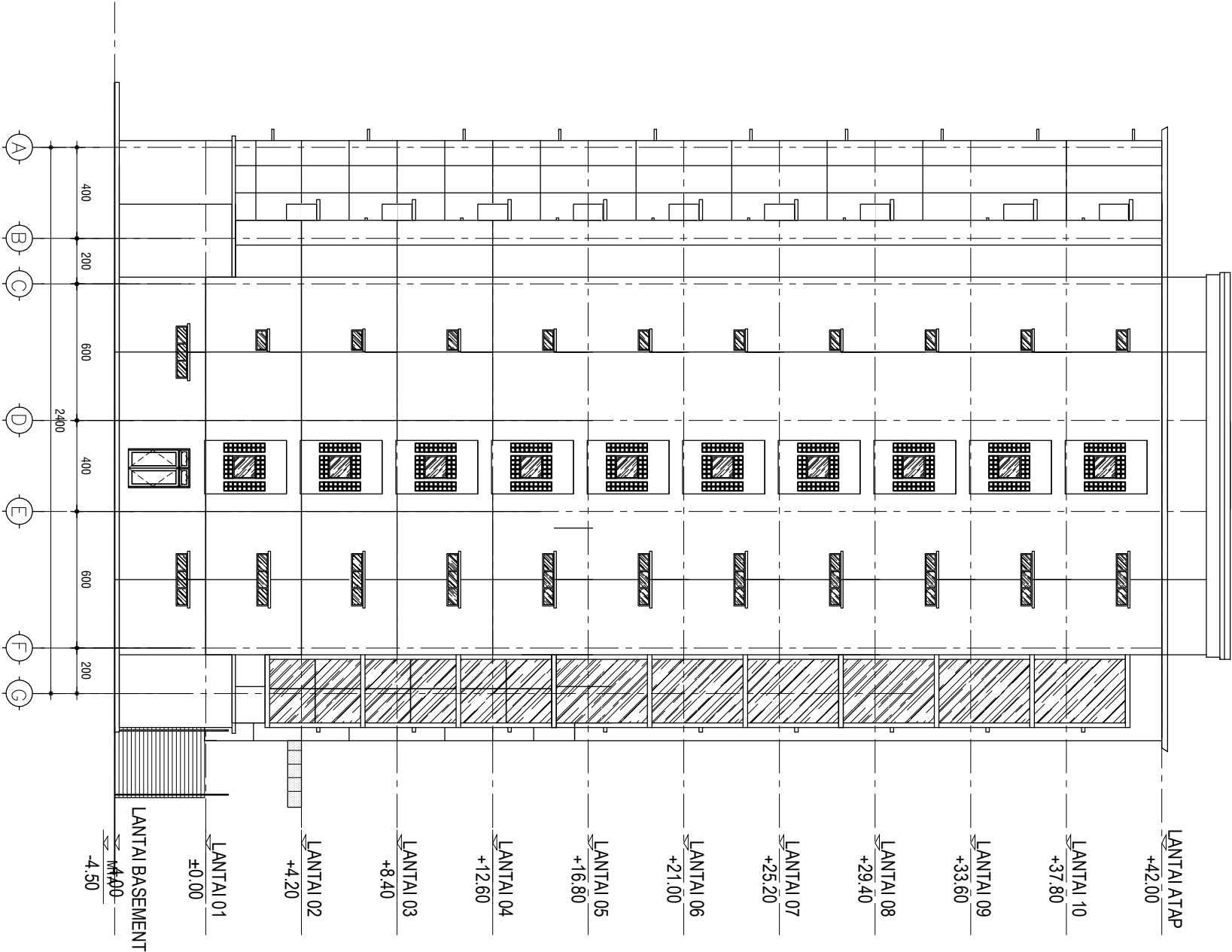
KODE GAMBAR SKALA

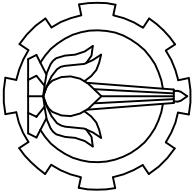
ARS -

NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

20 72

TAMPAK TIMUR
Skala 1:250





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN SHEARWALL

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:

R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:

Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISITANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

DENAH PENULANGAN PELAT
LANTAI BASEMENT

KODE GAMBAR

SKALA

STR

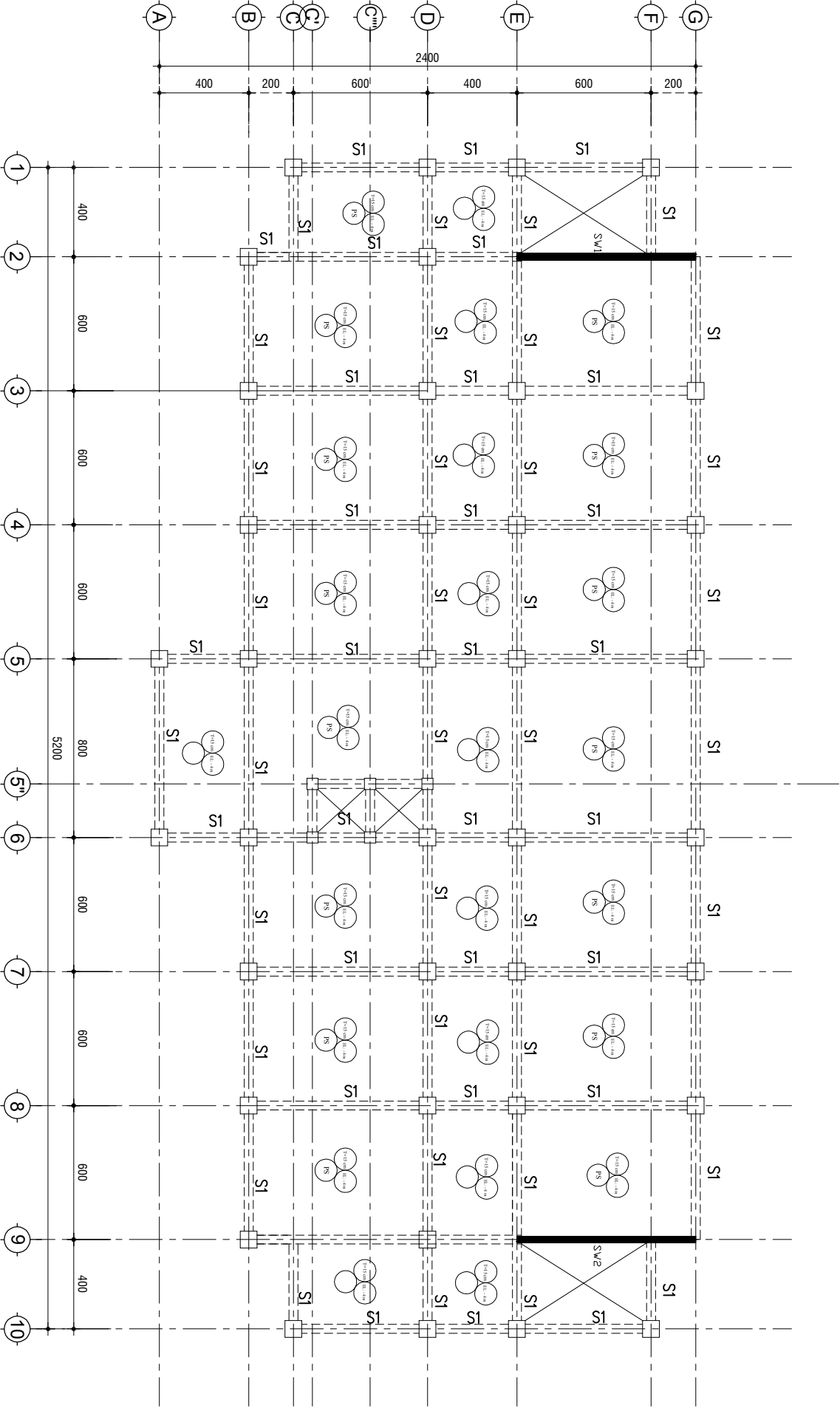
-

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

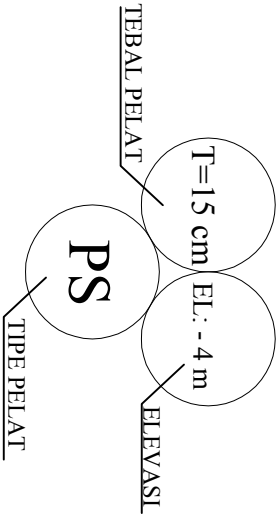
21

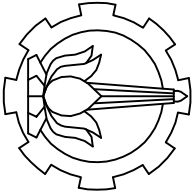
72



DENAH PENULANGAN PELAT LANTAI BASEMENT
Skala 1:250

KETERANGAN :





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN *DU/AL SYSTEM*
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN *SHEARWALL*

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:

R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:

Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISITANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

DENAH PENULANGAN PELAT
LANTAI 1

KODE GAMBAR SKALA

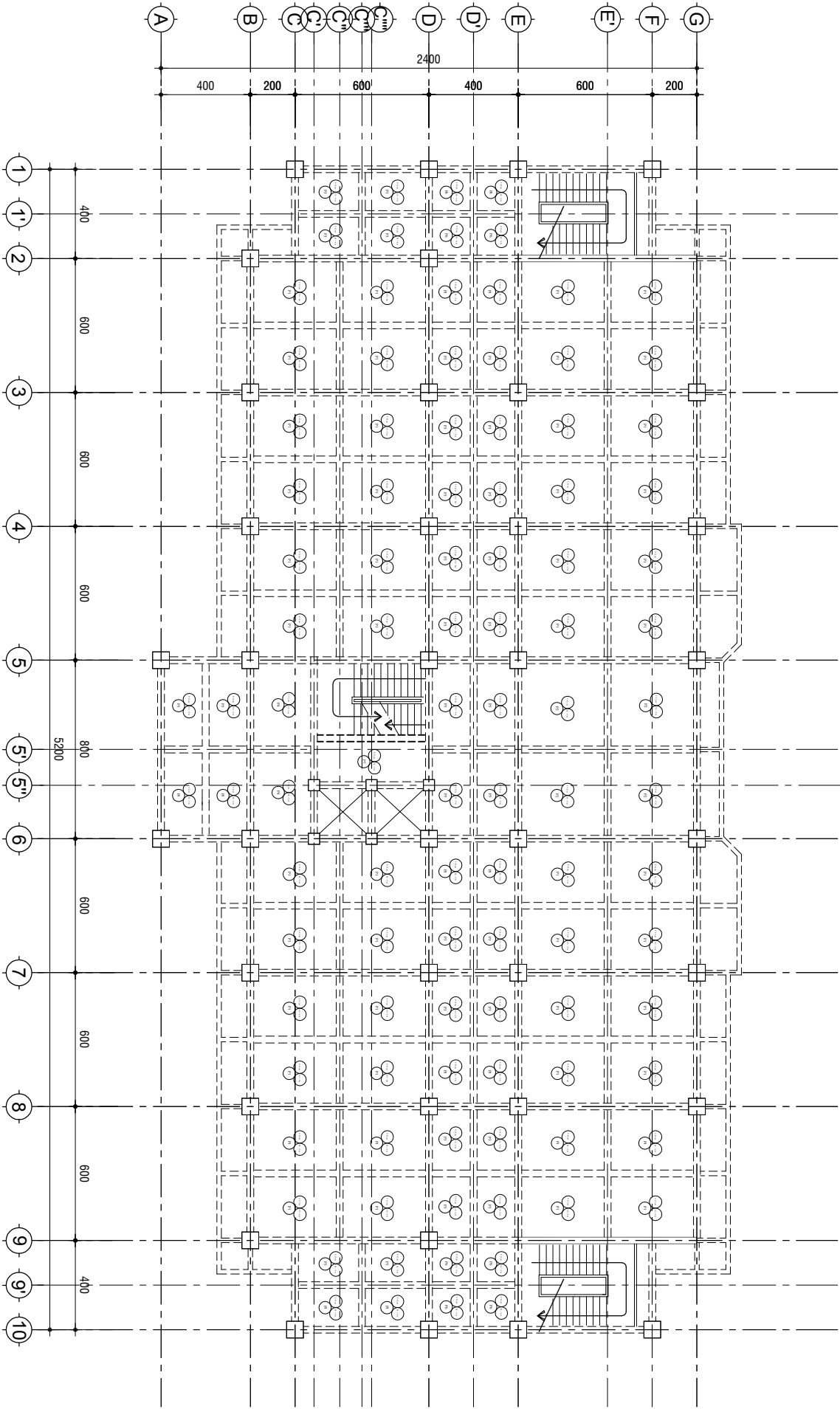
STR

-

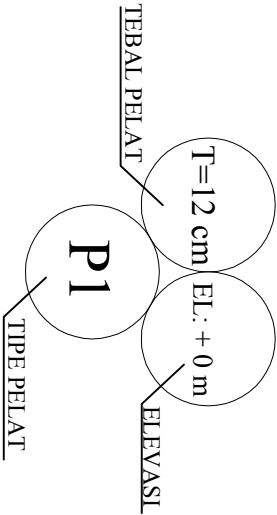
NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

22

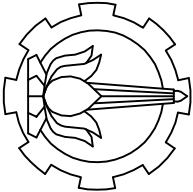
72



KETERANGAN :



DENAH PENULANGAN PELAT LANTAI 1
Skala 1:250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN *DU/AL SYSTEM*
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN *SHEARWALL*

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:
R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:
Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISITANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

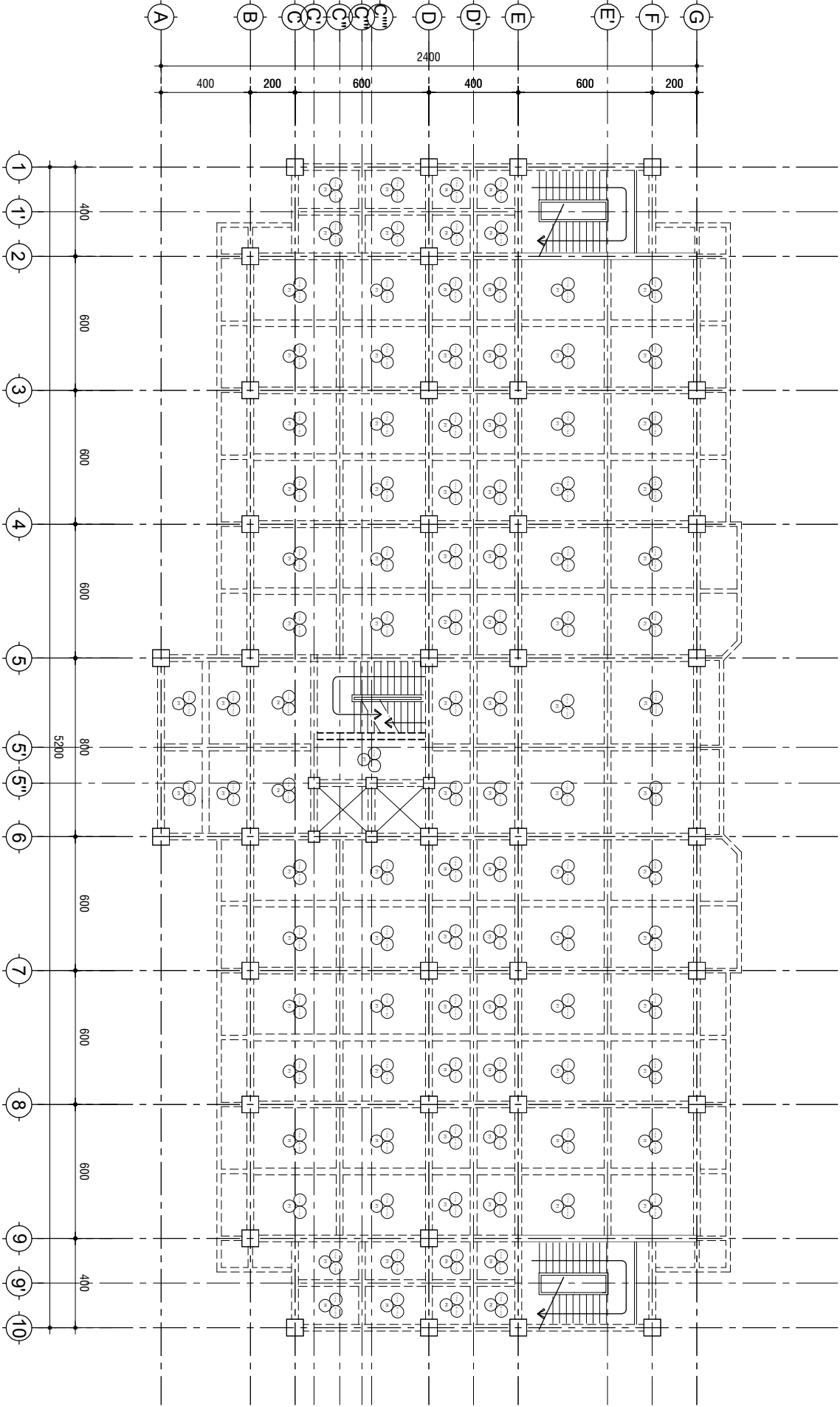
DENAH PENULANGAN PELAT
LANTAI 2

KODE GAMBAR SKALA

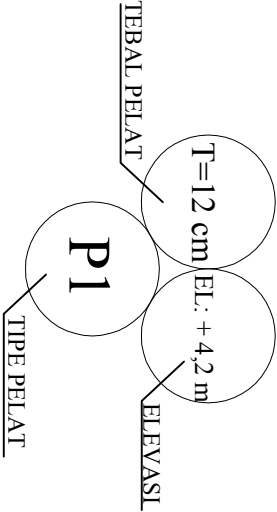
STR -

NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

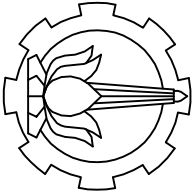
23 72



KETERANGAN :



DENAH PENULANGAN PELAT LANTAI 2
Skala 1:250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN *DU/AL SYSTEM*
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN *SHEARWALL*

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:

R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:

Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISITANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

DENAH PENULANGAN PELAT
LANTAI 3

KODE GAMBAR

SKALA

STR

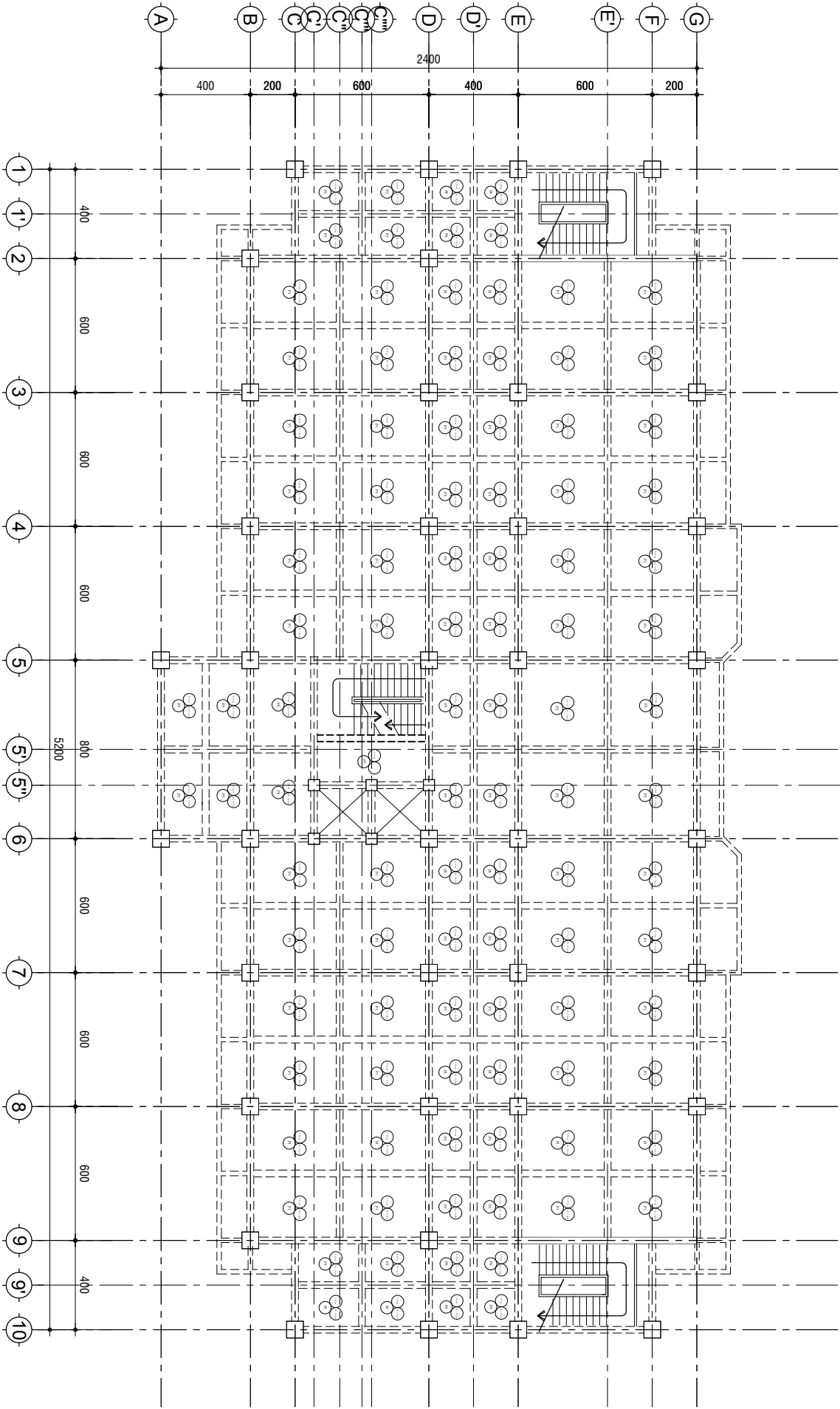
-

NO. LEMBAR

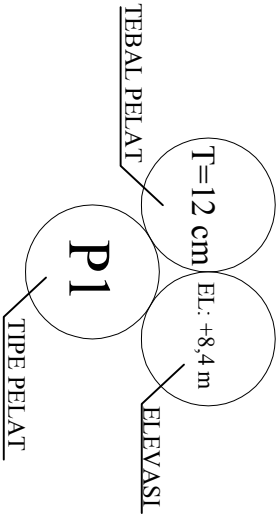
JUMLAH LEMBAR

24

72

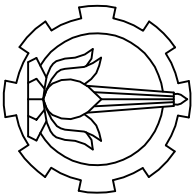


KETERANGAN :



DENAH PENULANGAN PELAT LANTAI 3

Skala 1:250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN *DU/AL SYSTEM*
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN *SHEARWALL*

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:

R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:

Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISITANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

DENAH PENULANGAN PELAT
LANTAI 4

KODE GAMBAR

SKALA

STR

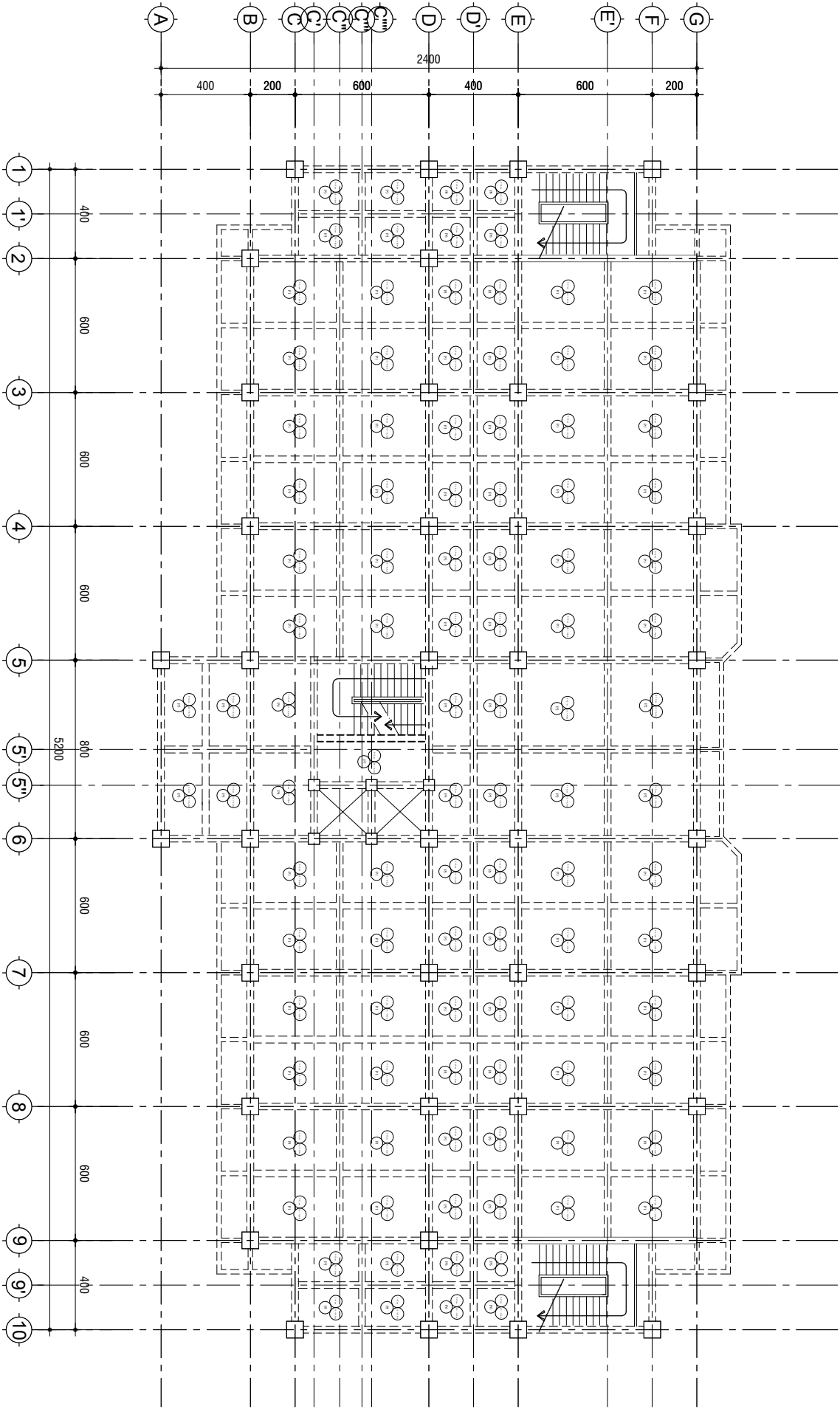
-

NO. LEMBAR

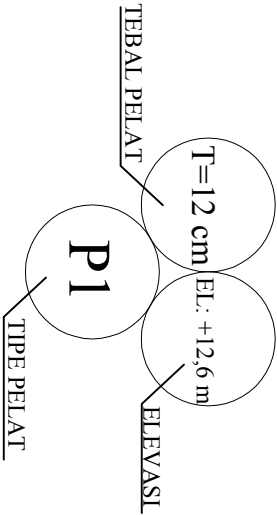
JUMLAH LEMBAR

25

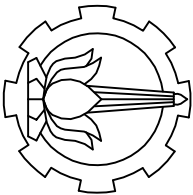
72



KETERANGAN :



DENAH PENULANGAN PELAT LANTAI 4
Skala 1:250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN *DU/AL SYSTEM*
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN *SHEARWALL*

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:

R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:

Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISITANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

DENAH PENULANGAN PELAT
LANTAI 5

KODE GAMBAR SKALA

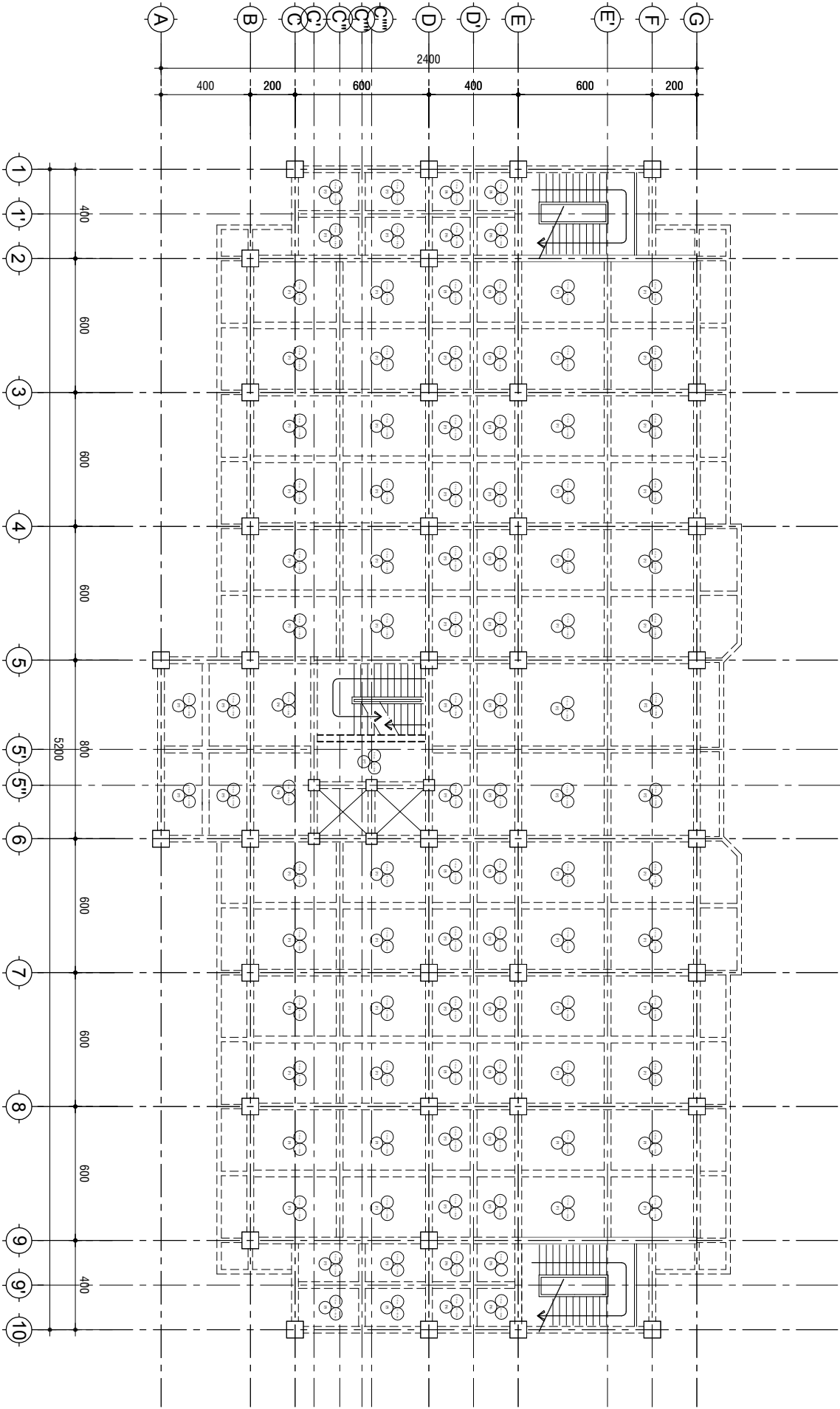
STR

-

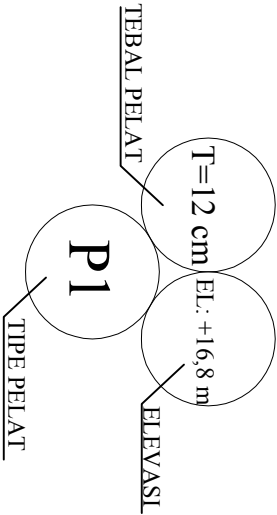
NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

26

72

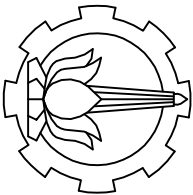


KETERANGAN :



DENAH PENULANGAN PELAT LANTAI 5

Skala 1:250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN SHEARWALL

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:

R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:

Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISITANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

DENAH PENULANGAN PELAT
LANTAI 6

KODE GAMBAR

SKALA

STR

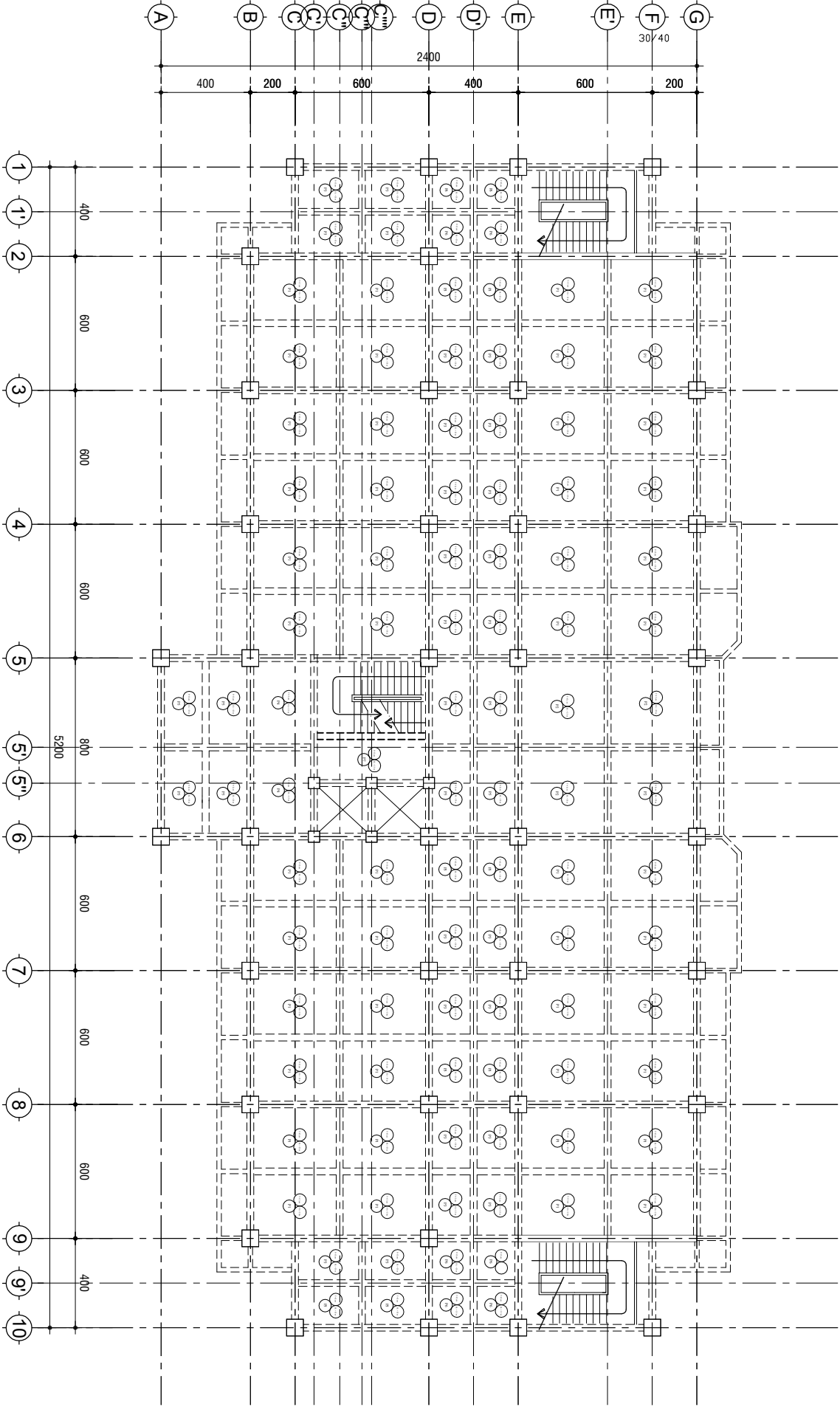
-

NO. LEMBAR

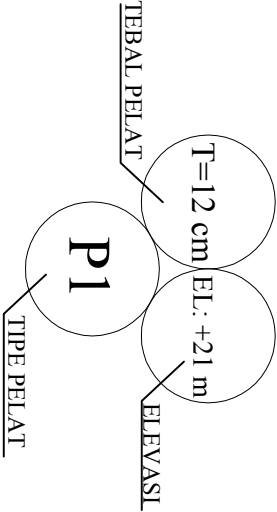
JUMLAH LEMBAR

27

72

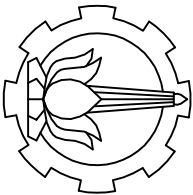


KETERANGAN :



DENAH PENULANGAN PELAT
LANTAI 6

Skala 1:250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN *DU/AL SYSTEM*
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN *SHEARWALL*

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:

R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:

Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISITANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

DENAH PENULANGAN PELAT
LANTAI 7

KODE GAMBAR SKALA

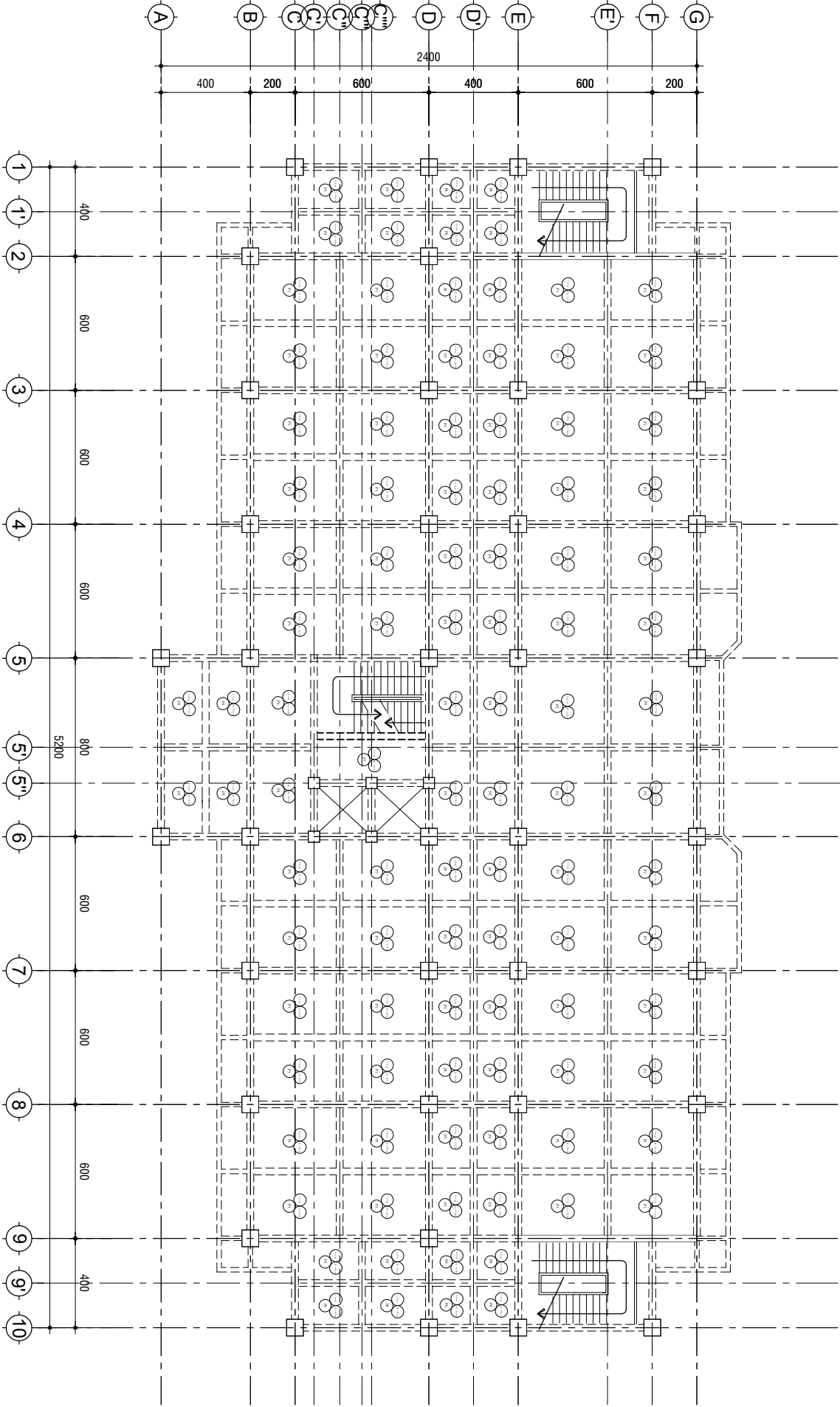
STR

-

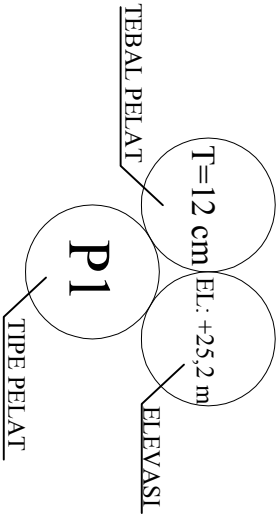
NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

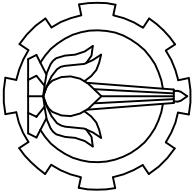
28

72



KETERANGAN :





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN *DU/AL SYSTEM*
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN *SHEARWALL*

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:

R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:

Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISITANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

DENAH PENULANGAN PELAT
LANTAI 8

KODE GAMBAR

SKALA

STR

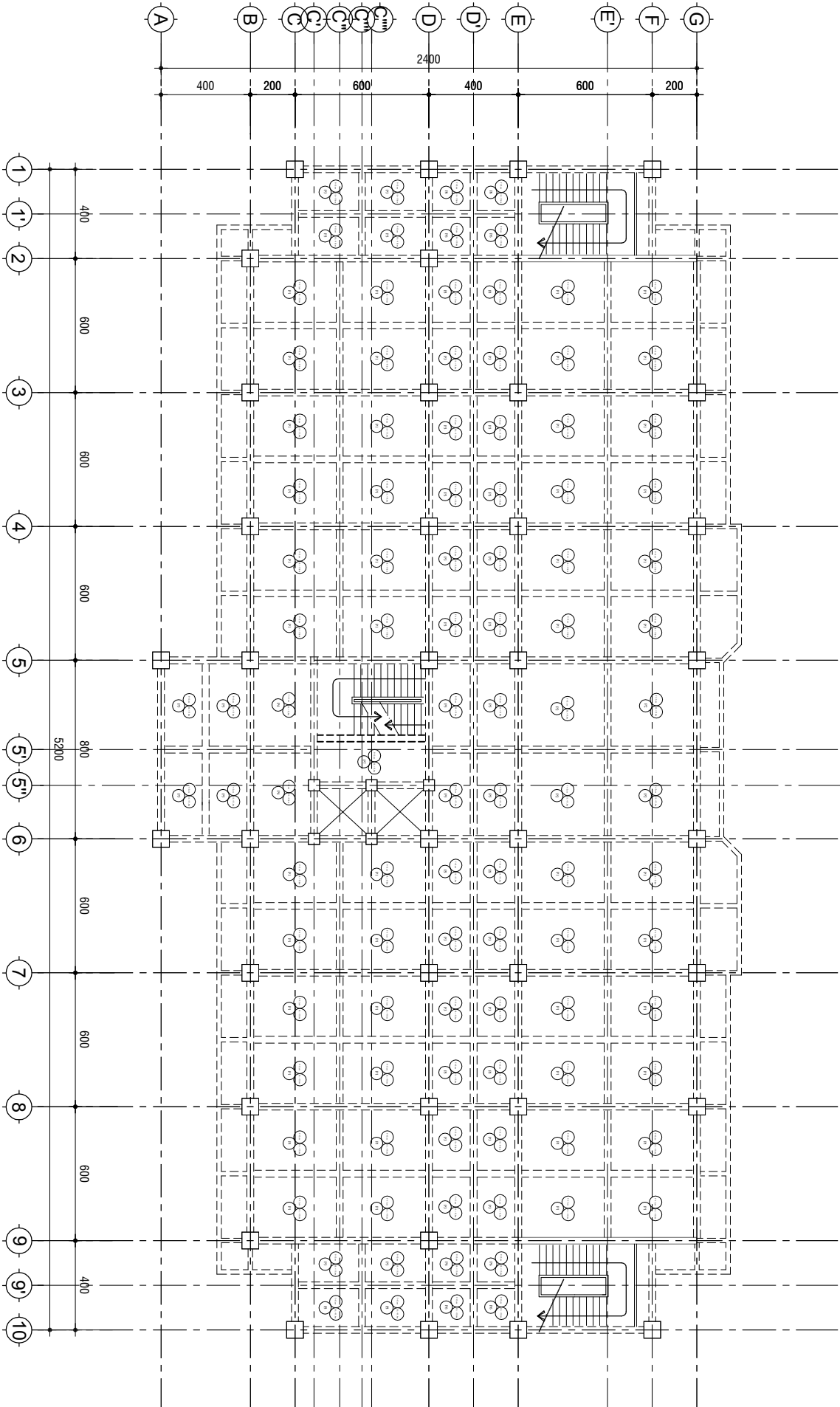
-

NO. LEMBAR

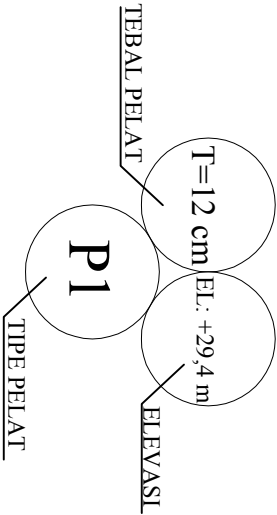
JUMLAH LEMBAR

29

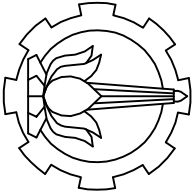
72



KETERANGAN :



DENAH PENULANGAN PELAT LANTAI 8
Skala 1:250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN *DU/AL SYSTEM*
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN *SHEARWALL*

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:

R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:

Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISITANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

DENAH PENULANGAN PELAT
LANTAI 9

KODE GAMBAR SKALA

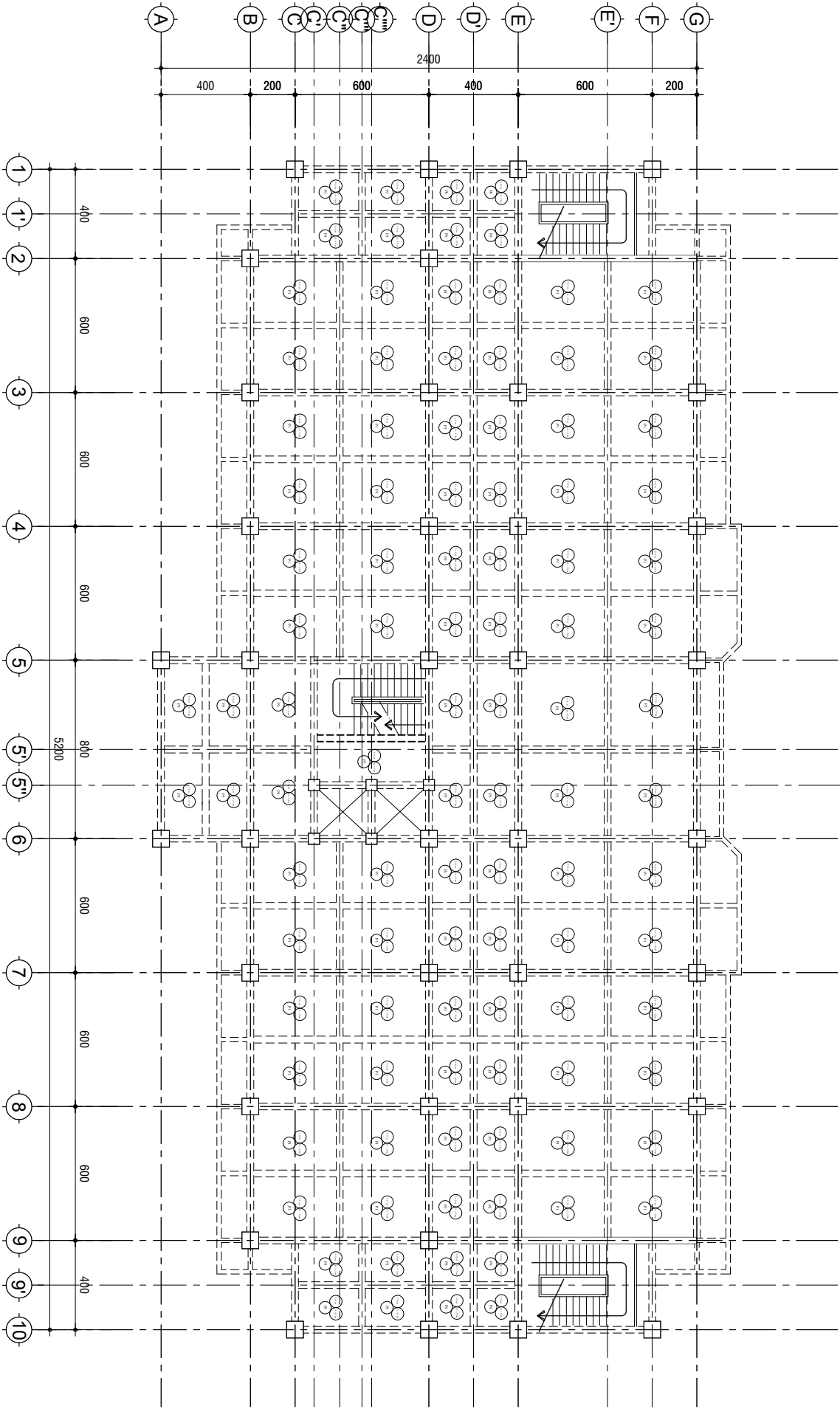
STR

-

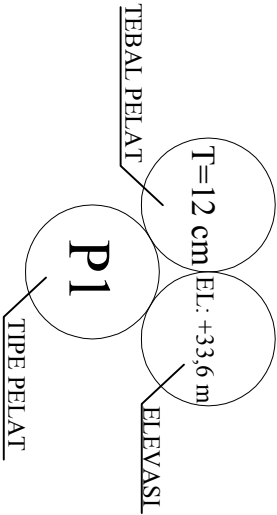
NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

30

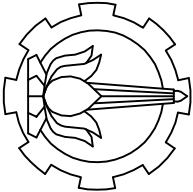
72



KETERANGAN :



DENAH PENULANGAN PELAT LANTAI 9
Skala 1:250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN SHEARWALL

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:
R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:
Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISITANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

DENAH PENULANGAN PELAT
LANTAI 10

KODE GAMBAR SKALA

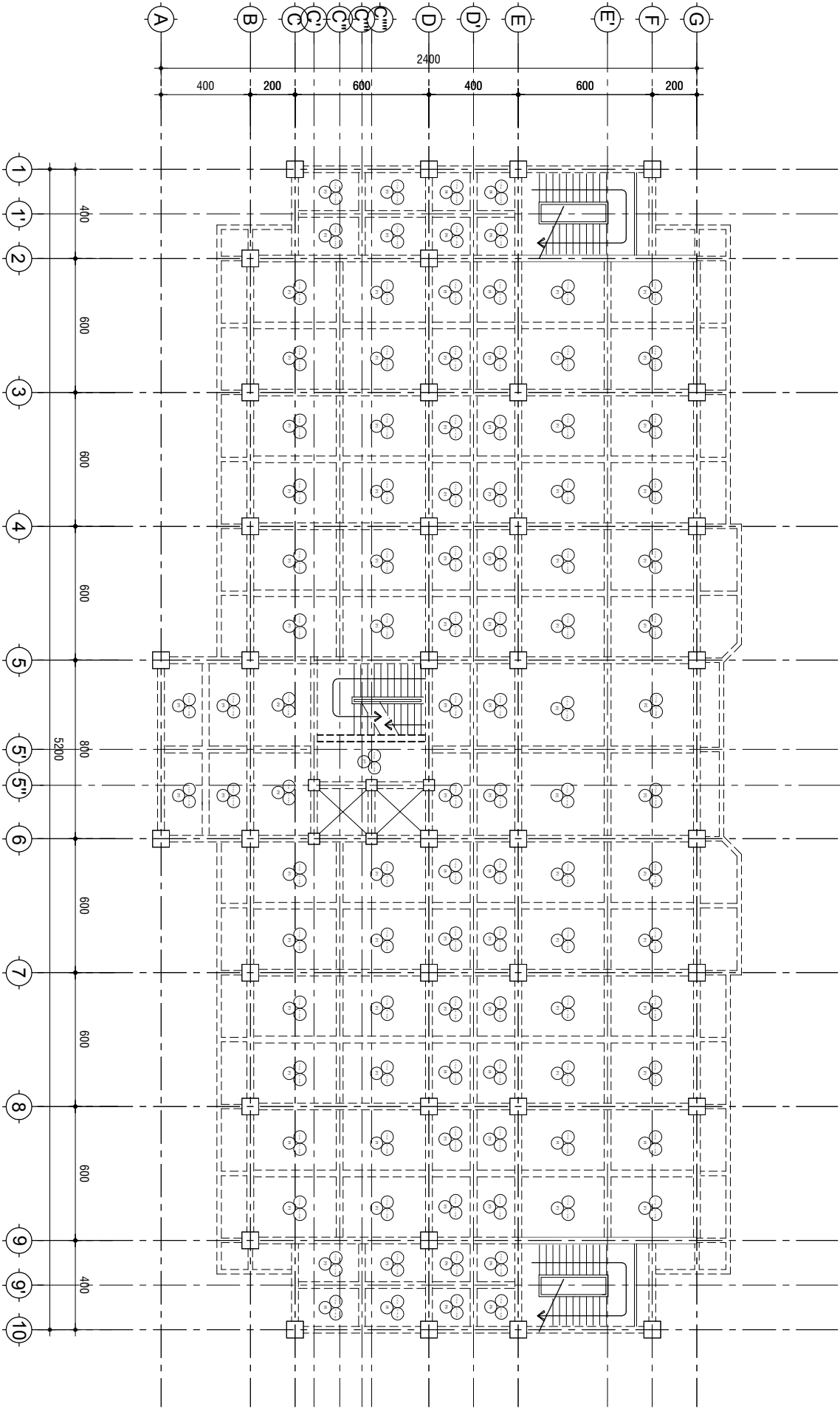
STR

-

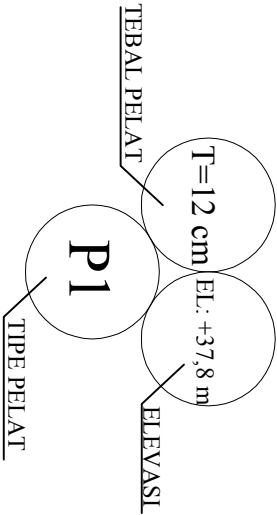
NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

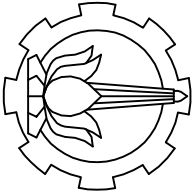
31

72



KETERANGAN :





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN *DU/AL SYSTEM*
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN *SHEARWALL*

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:

R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:

Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISITANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

DENAH PENULANGAN PELAT
LANTAI ATAP

KODE GAMBAR SKALA

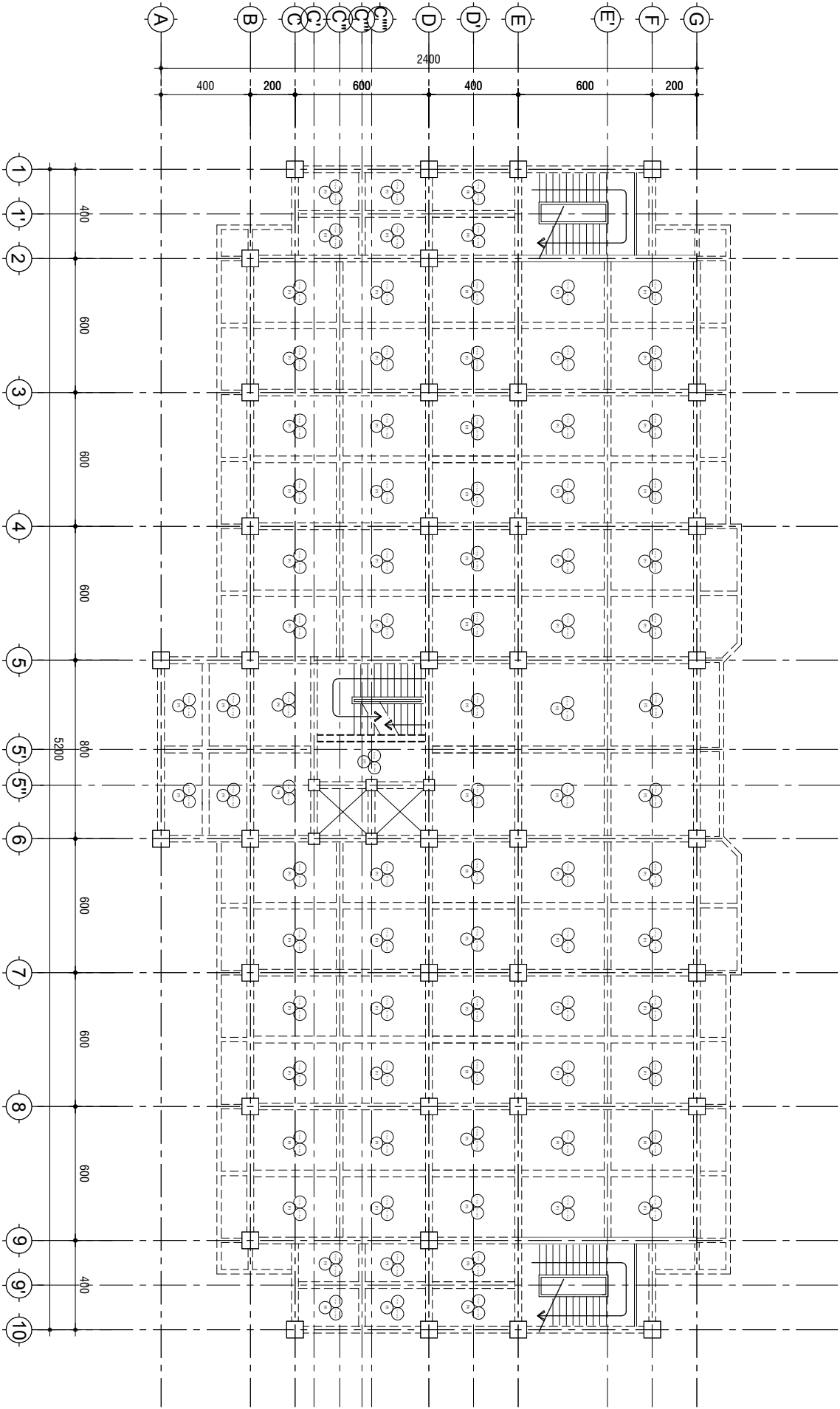
STR

-

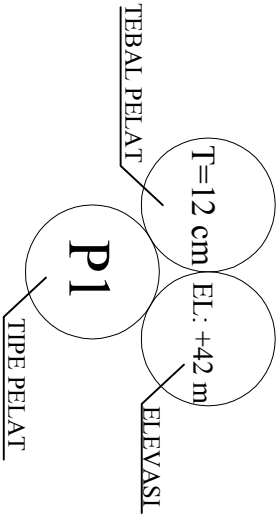
NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

32

72



KETERANGAN :



DENAH PENULANGAN PELAT LANTAI ATAP
Skala 1:250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN *DUAL SYSTEM*
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN *SHEARWALL*

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:

R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:

Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN
PELAT P2

KODE GAMBAR

SKALA

STR

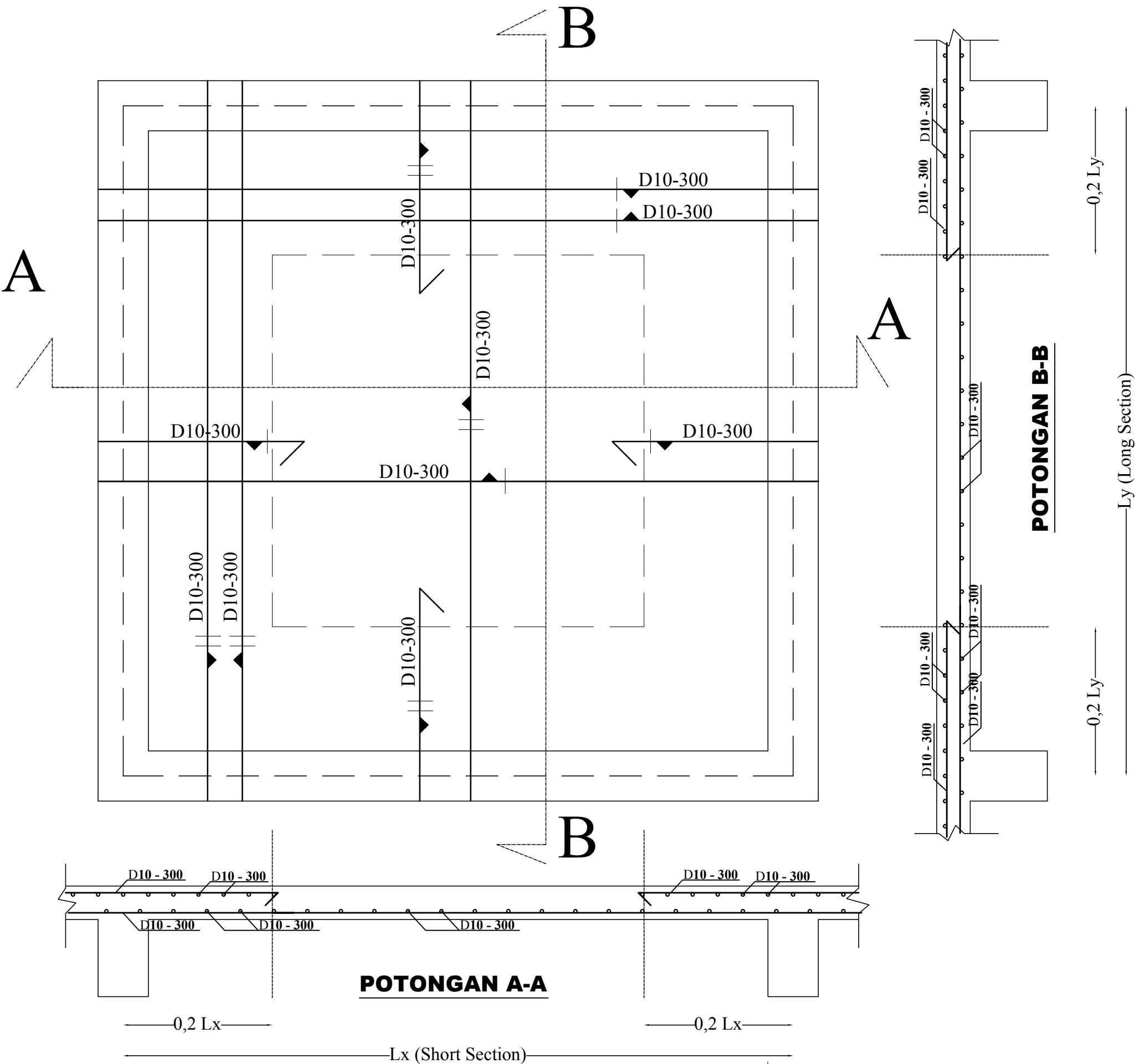
-

NO. LEMBAR

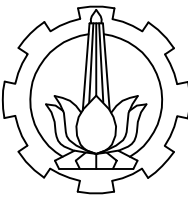
JUMLAH LEMBAR

34

72



DETAIL PENULANGAN PELAT P2 (T=12cm)
Skala 1:25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN *DUAL SYSTEM*
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN *SHEARWALL*

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:

R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:

Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN
PELAT P3

KODE GAMBAR

SKALA

STR

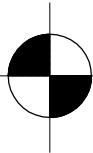
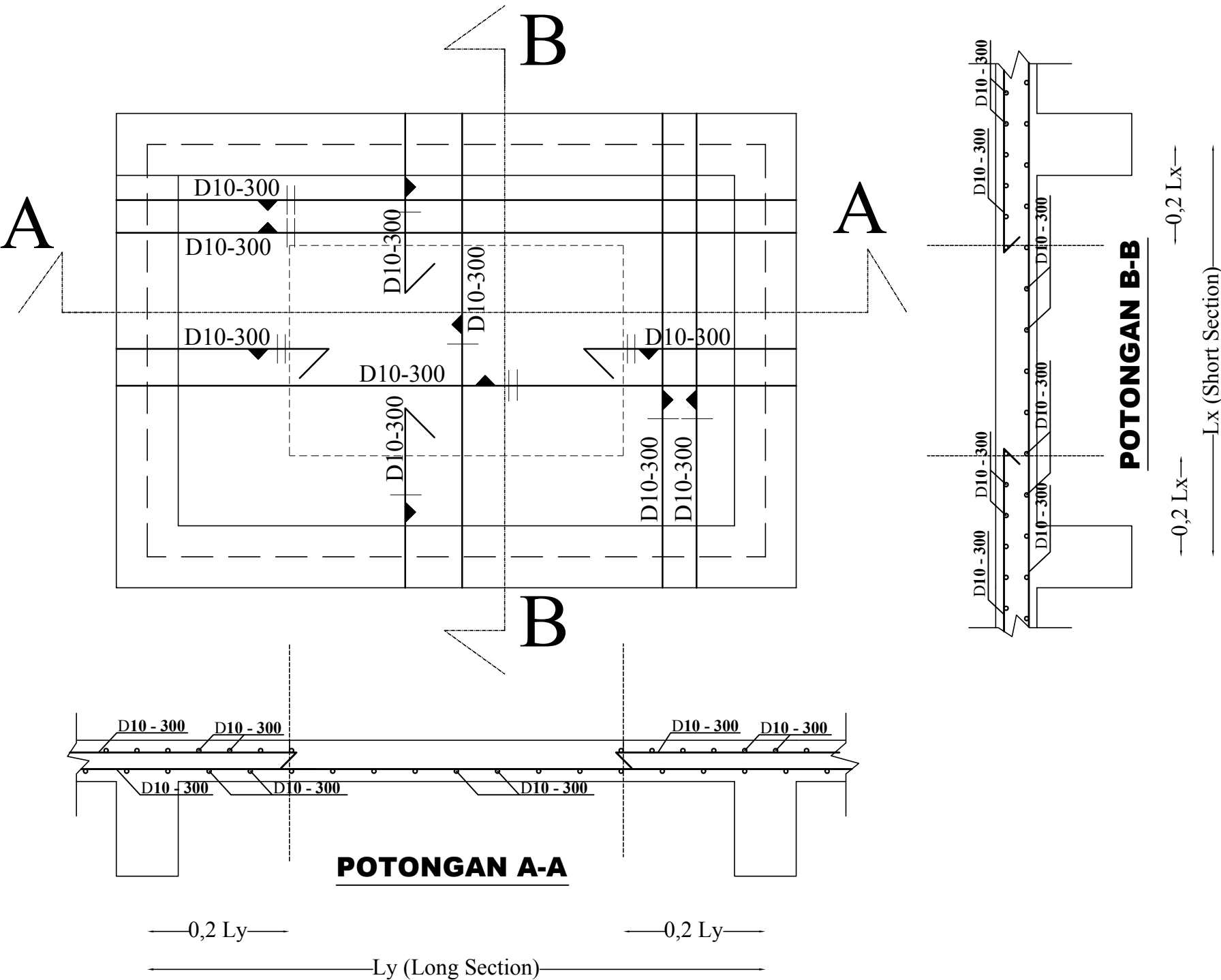
-

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

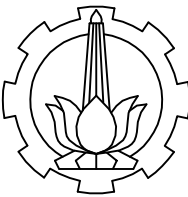
35

72



DETAIL PENULANGAN PELAT P3 (T=12cm)

Skala 1:25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN *DUAL SYSTEM*
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN *SHEARWALL*

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:

R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:

Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN
PELAT P6

KODE GAMBAR

SKALA

STR

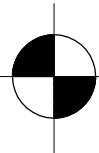
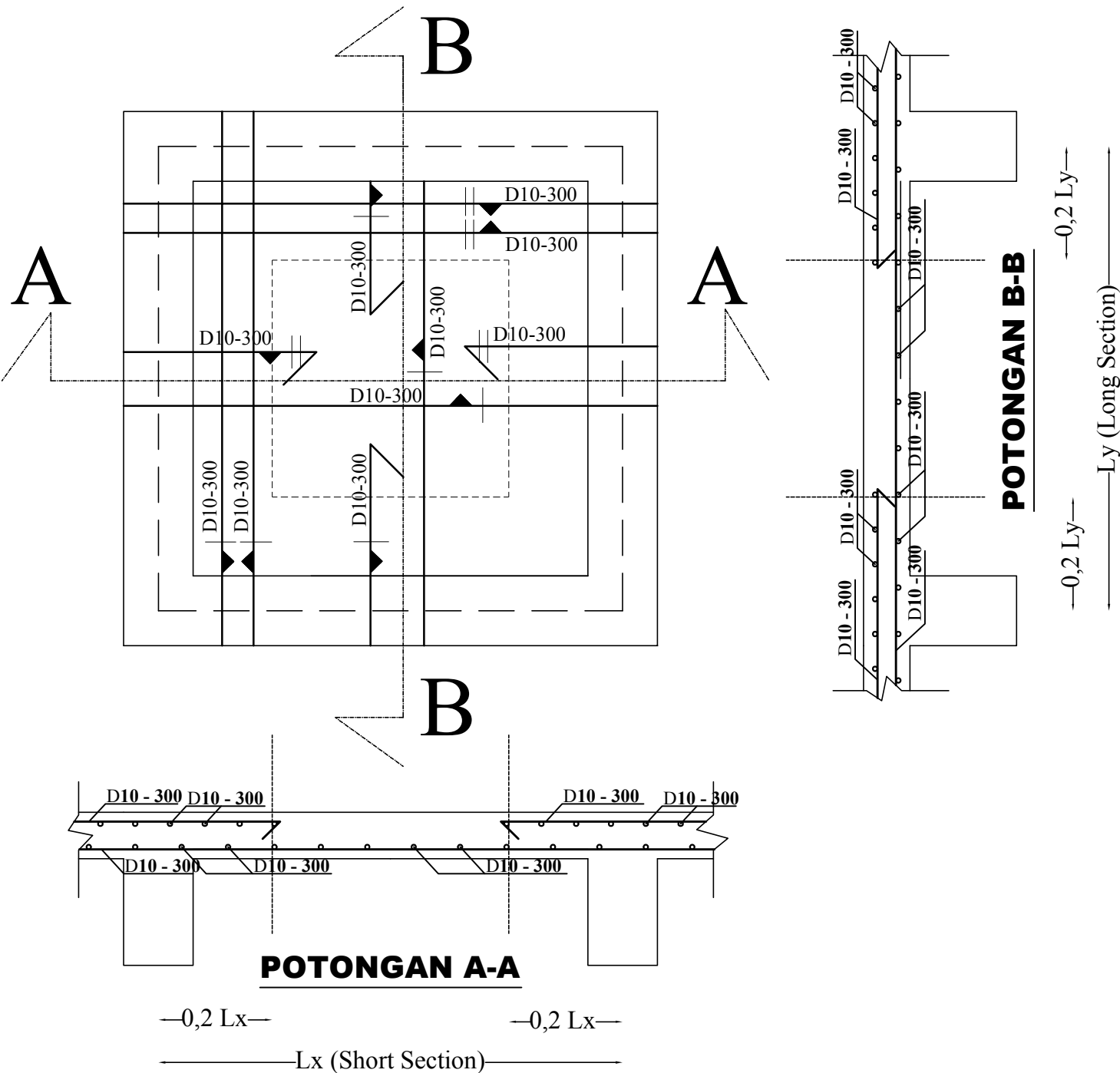
-

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

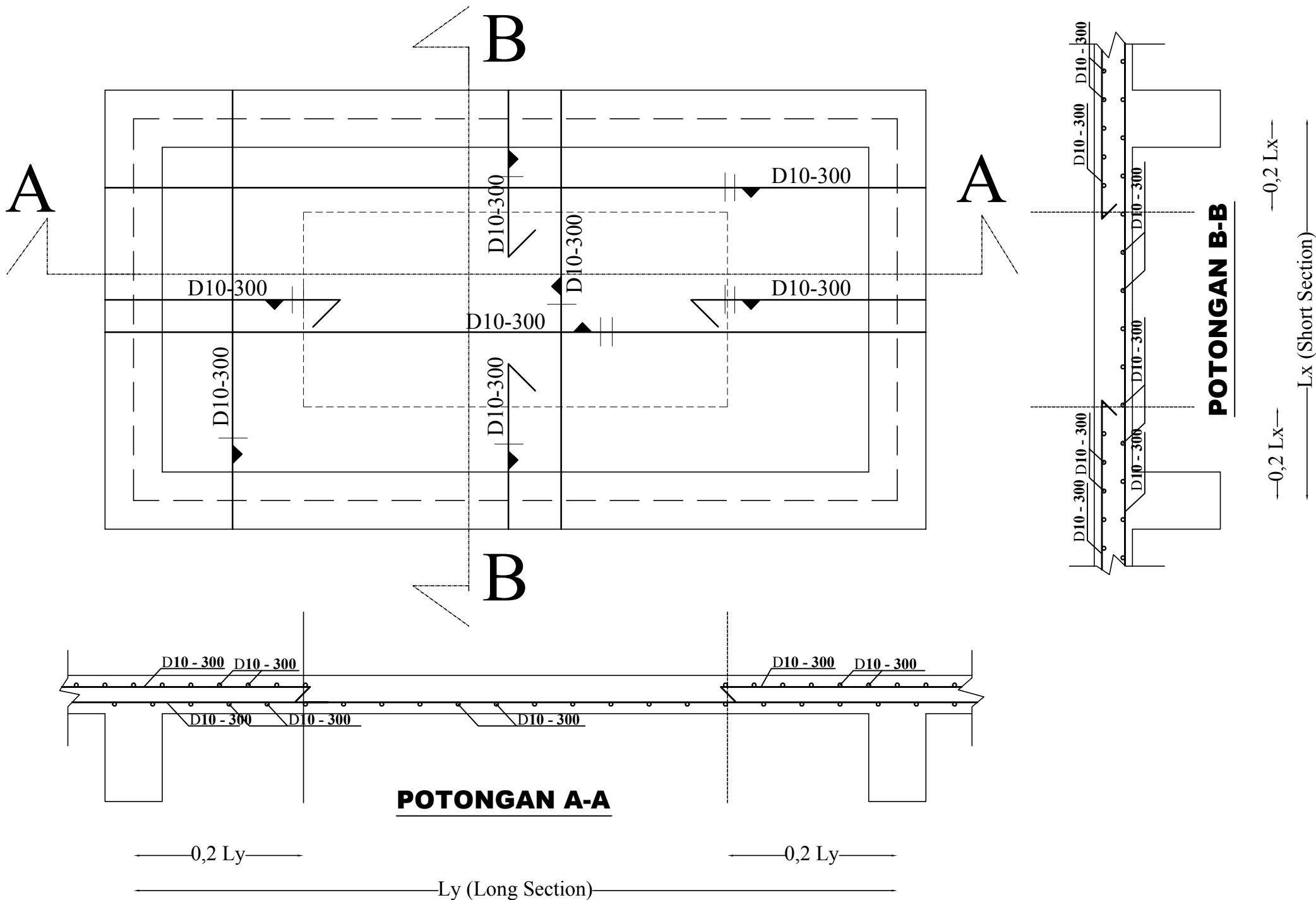
38

72

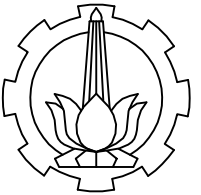


DETAIL PENULANGAN PELAT P6 (T=12cm)

Skala 1:25



 **DETAIL PENULANGAN PELAT P5 (T=12cm)**
Skala 1:25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN *DUAL SYSTEM*
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN *SHEARWALL***

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:

R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:

Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

**DETAIL PENULANGAN
PELAT P5**

KODE GAMBAR

SKALA

STR

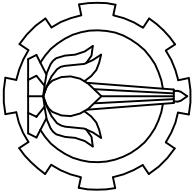
-

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

37

72



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL,
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN SHEARWALL

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:

R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:

Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISITANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN
PELAT P4

KODE GAMBAR SKALA

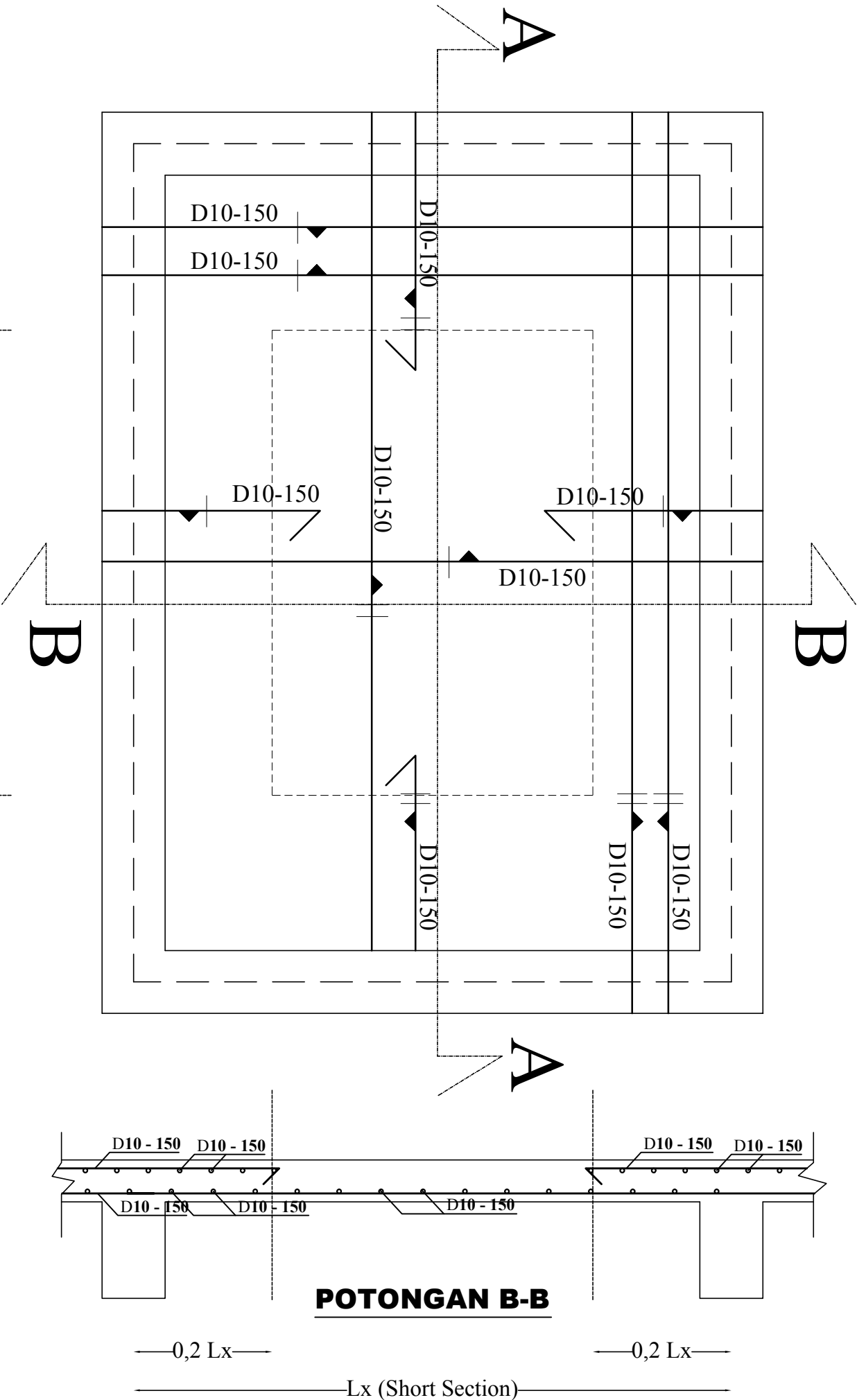
STR

-

NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

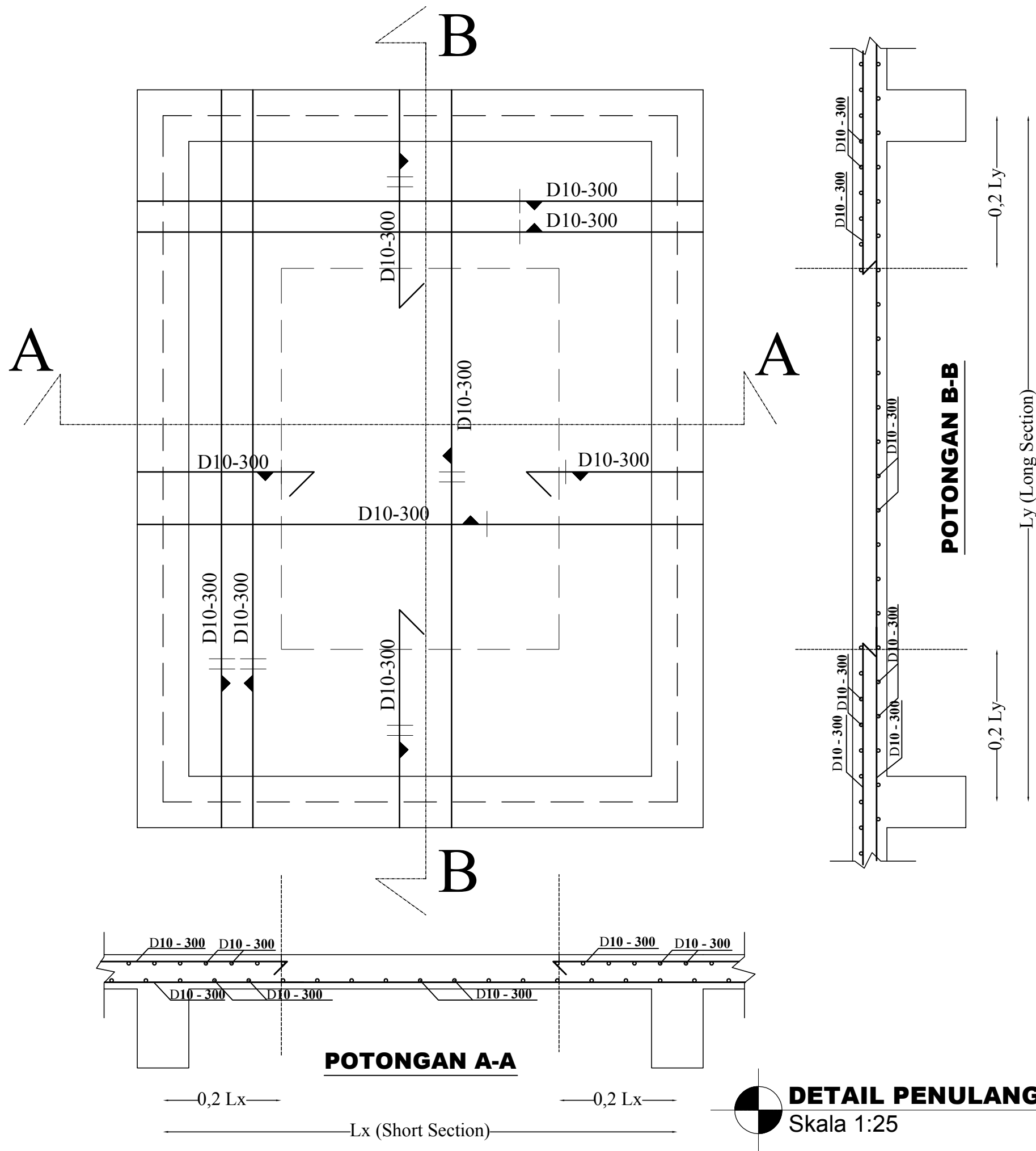
36

72



DETAIL PENULANGAN PELAT P4 (T=12cm)

Skala 1:25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN *DUAL SYSTEM*
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN *SHEARWALL*

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:

R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:

Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

**DETAIL PENULANGAN
PELAT P1**

KODE GAMBAR

SKALA

STR

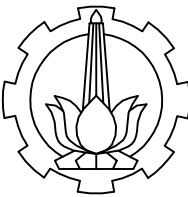
-

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

33

72



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN *DUAL SYSTEM*
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN *SHEARWALL*

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:

R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:

Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN
PELAT P4

KODE GAMBAR

SKALA

STR

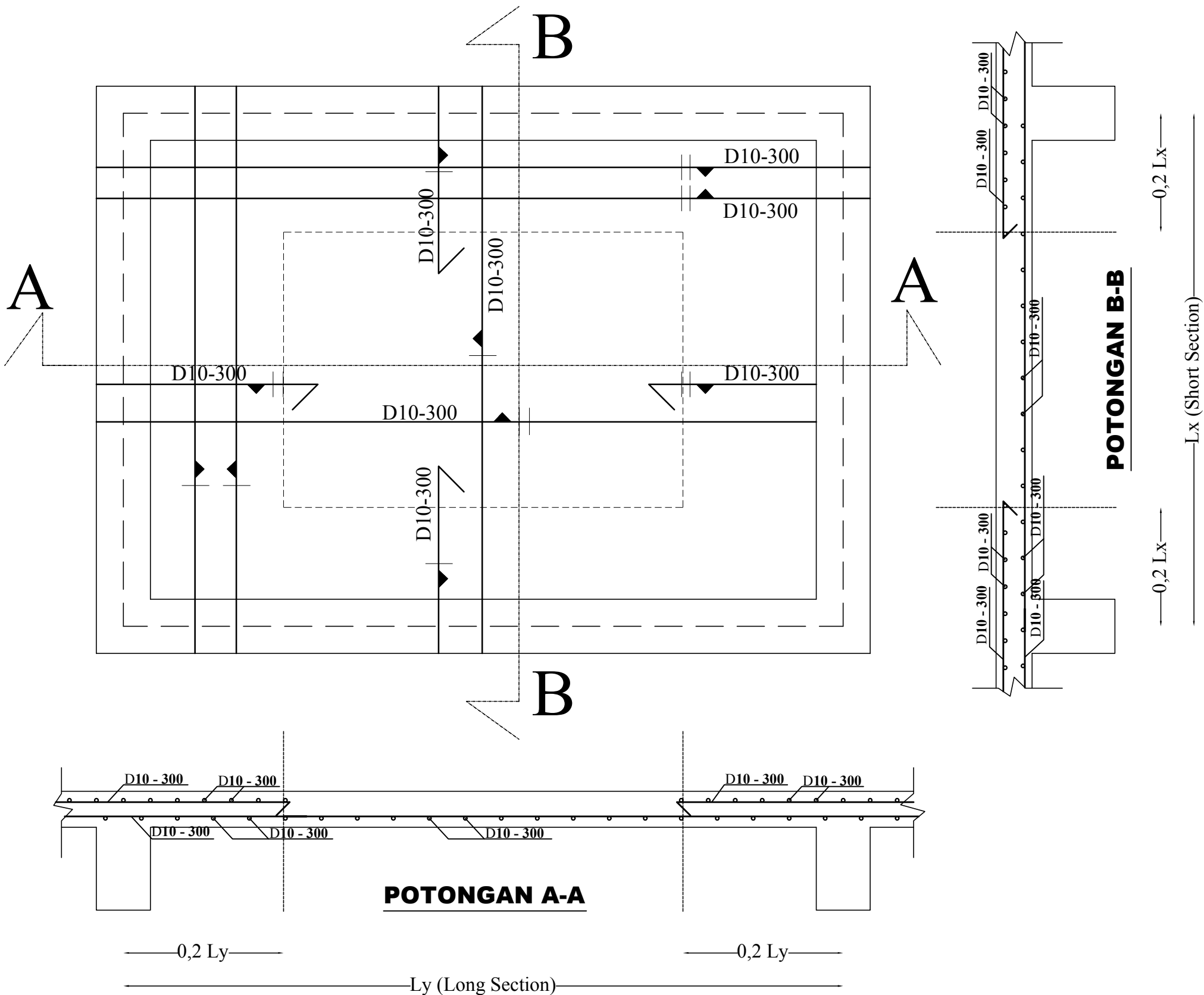
-

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

36

72



DETAIL PENULANGAN PELAT P4 (T=12cm)
Skala 1:25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN *DUAL SYSTEM*
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN *SHEARWALL*

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:

R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:

Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN
PELAT P7

KODE GAMBAR

SKALA

STR

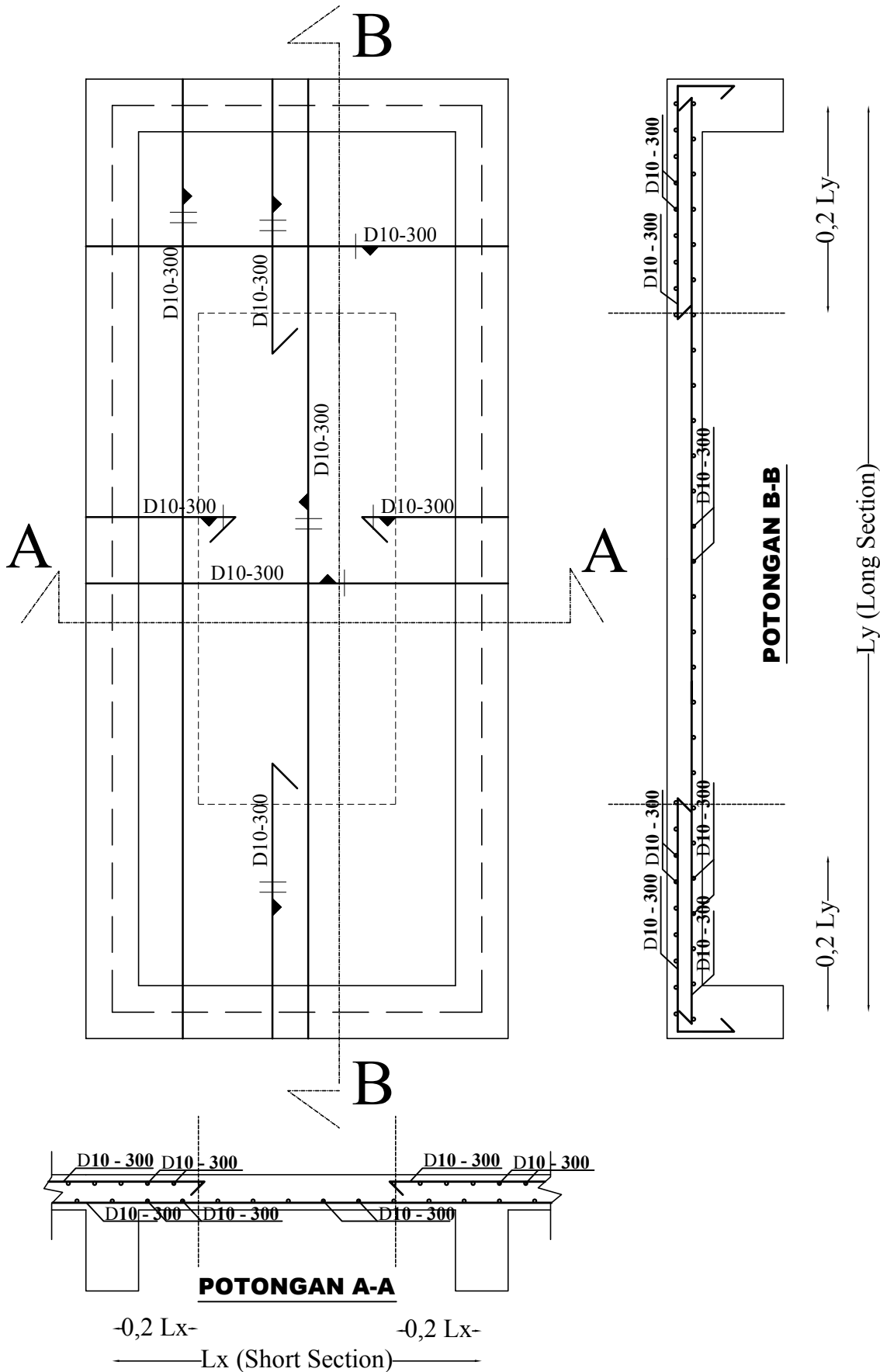
-

NO. LEMBAR

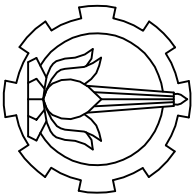
JUMLAH LEMBAR

39

72



DETAIL PENULANGAN PELAT P7 (T=12cm)
Skala 1:25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN SHEARWALL

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:

R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:

Afi Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISITANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

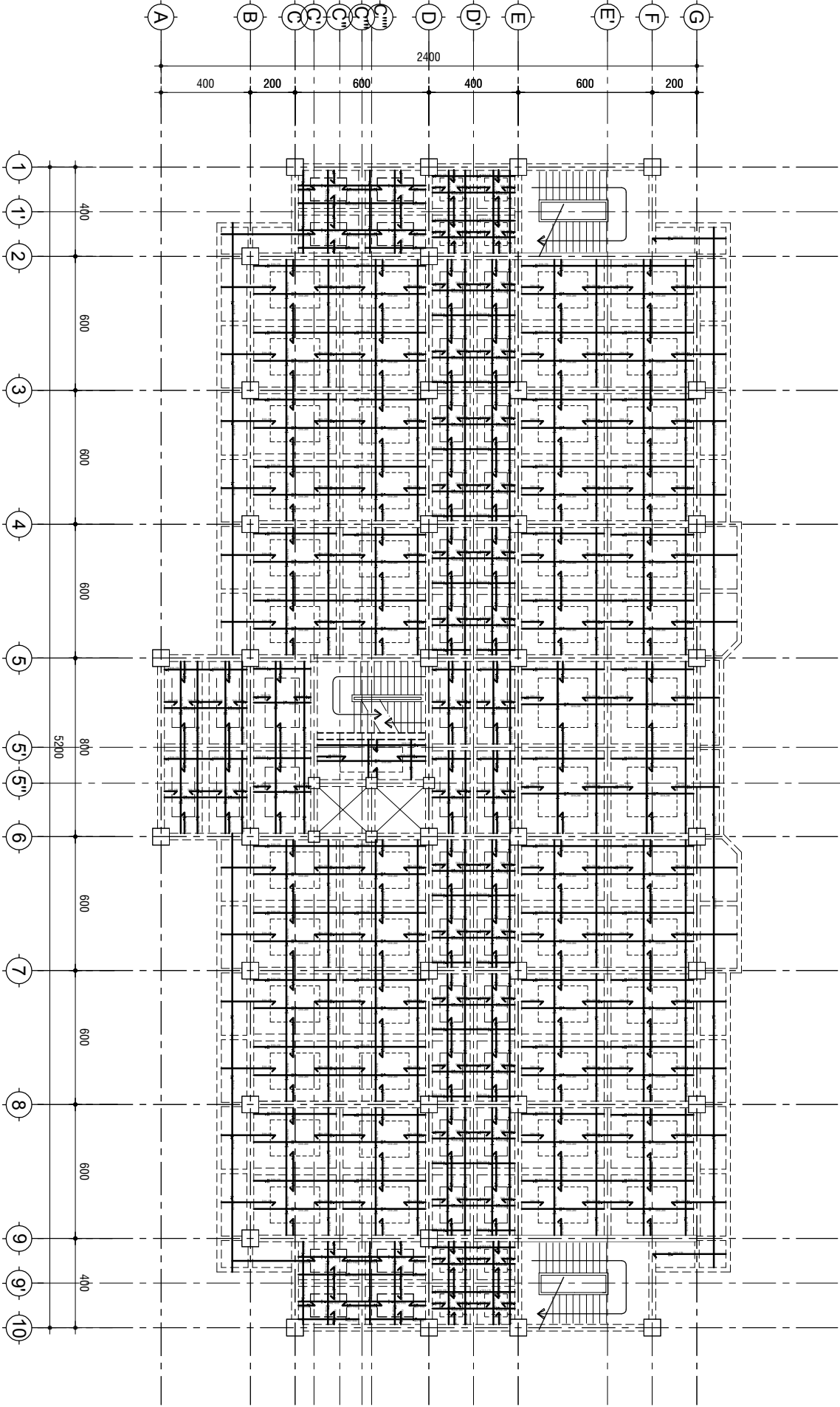
RENCANA PENULANGAN
PELAT LANTAI 1-10

KODE GAMBAR SKALA

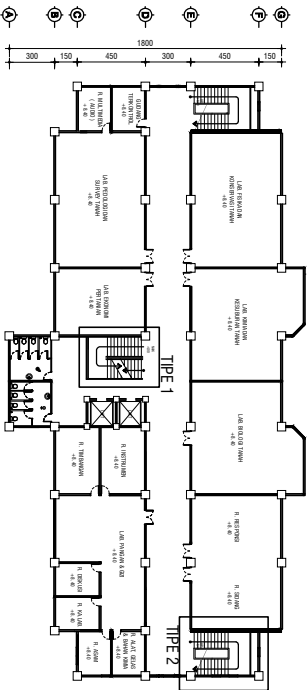
STR -

NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

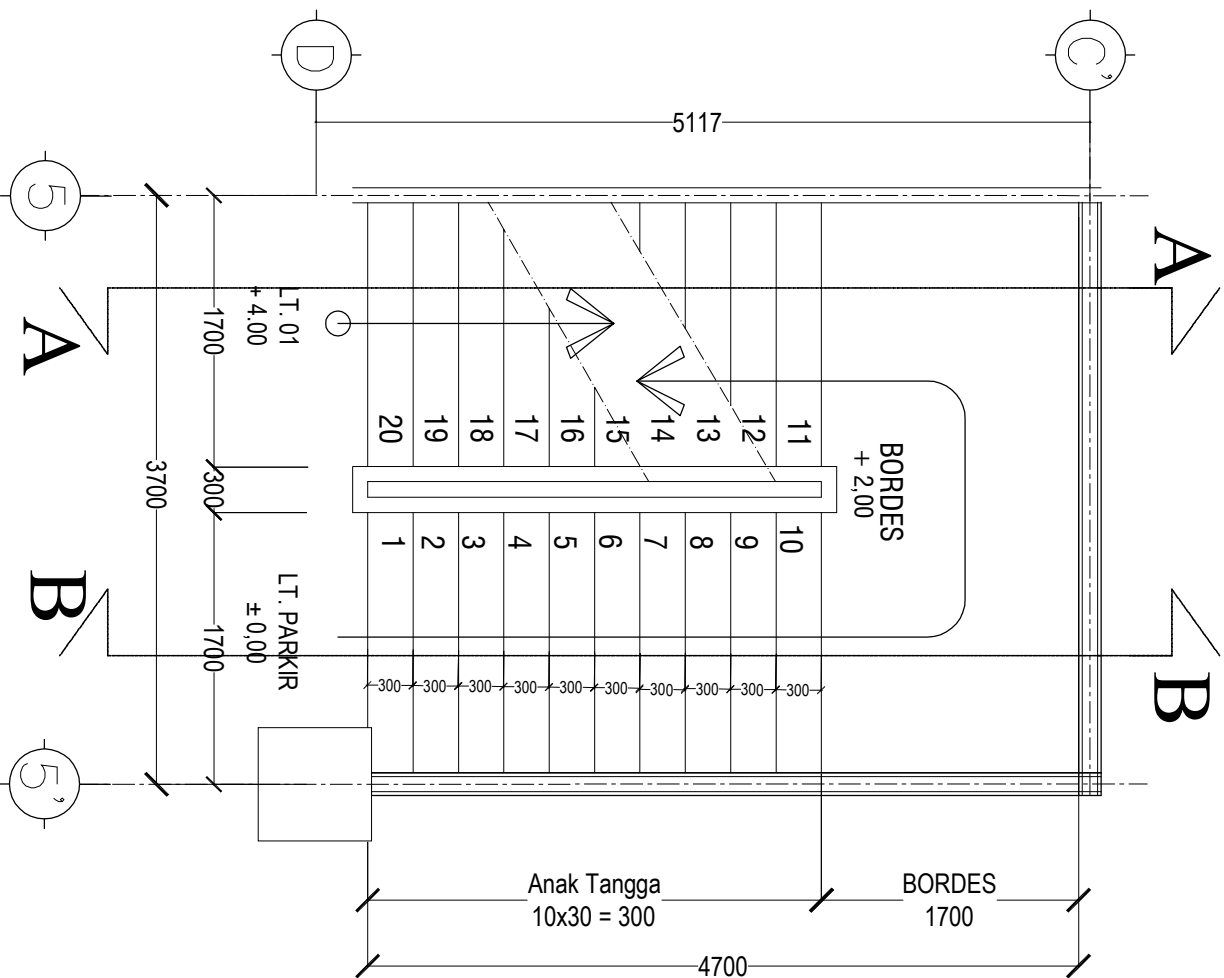
40 72



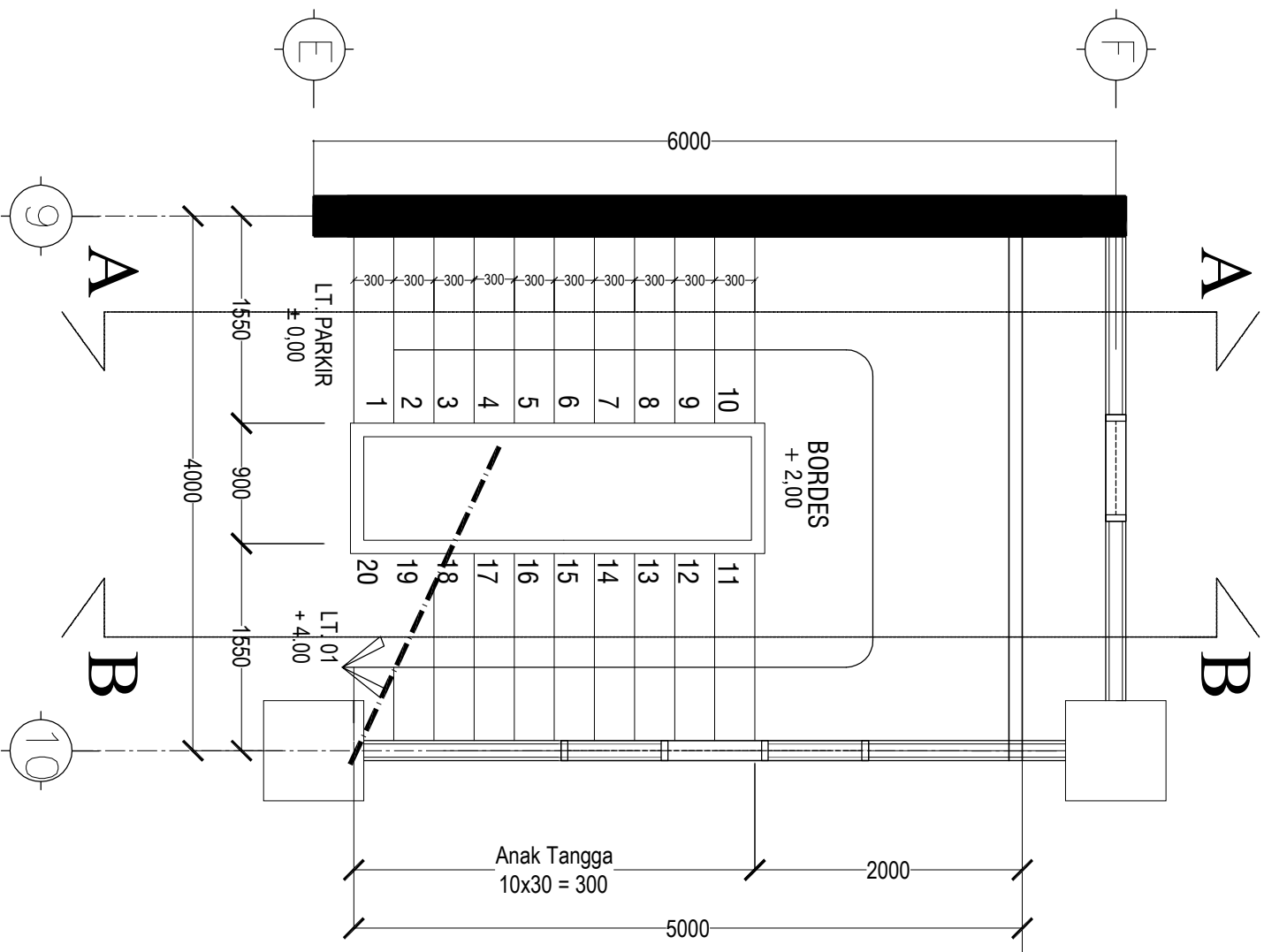
RENCANA PENULANGAN PELAT LANTAI 1-10
Skala 1:250



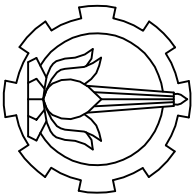
KEY PLAN
Skala NTC



DENAH RENCANA TANGGA TYPE 1
Skala 1:50



DENAH RENCANA TANGGA TYPE 2
Skala 1:50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN SHEARWALL

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:

R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:

Afi Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISITANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

DENAH RENCANA TANGGA
TYPE 1 DAN TYPE 2

KODE GAMBAR

SKALA

STR

-

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

41

72



JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERULAIHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN *DUAL SYSTEM*
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN *SHEARWALL***

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:

R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:

Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN	= BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISI TANAH	= TANAH LUNAK
MUTU BETON	= 35 Mpa
MUTU BAJA	= 400 Mpa

NAMA GAMBAR

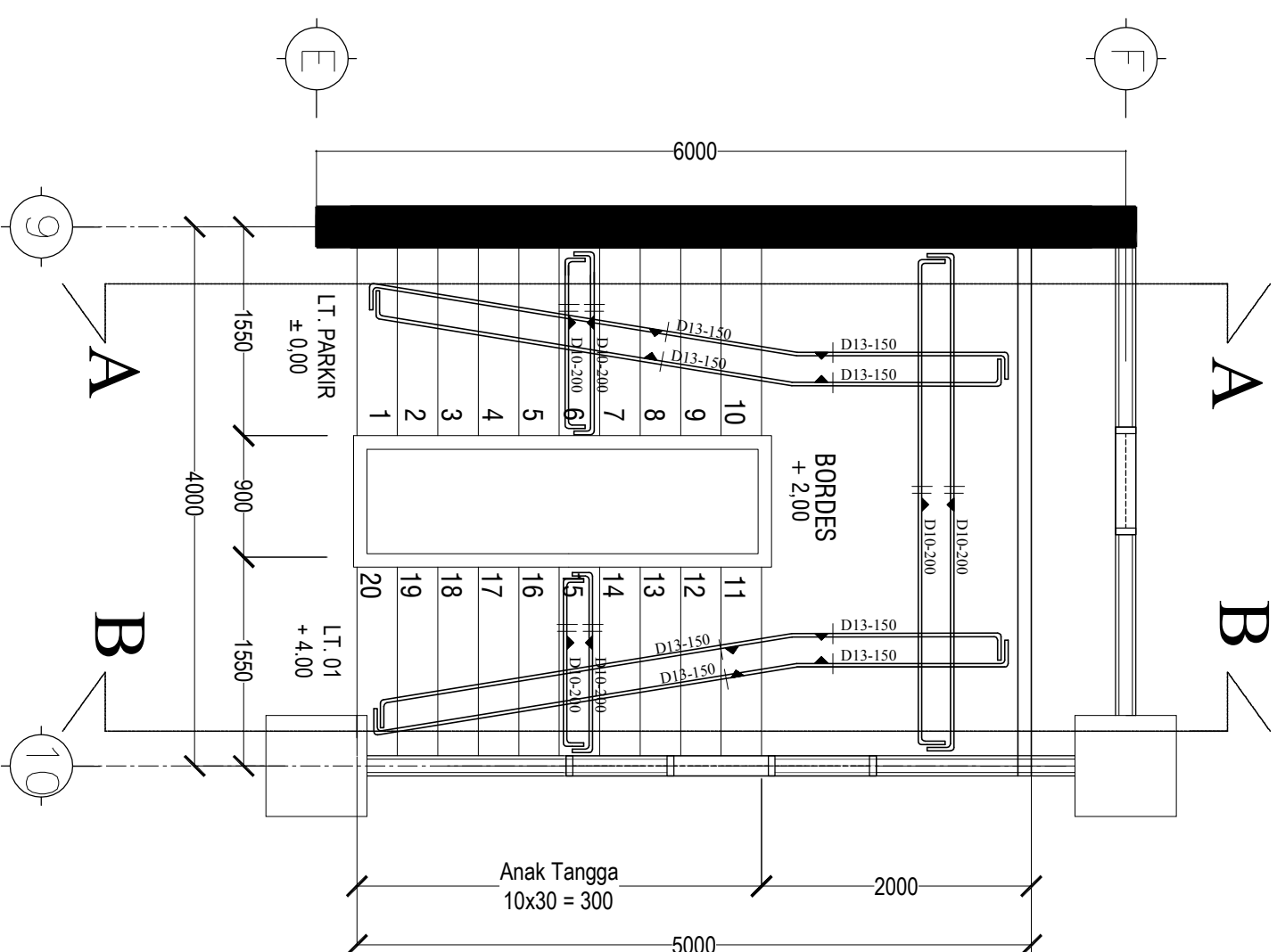
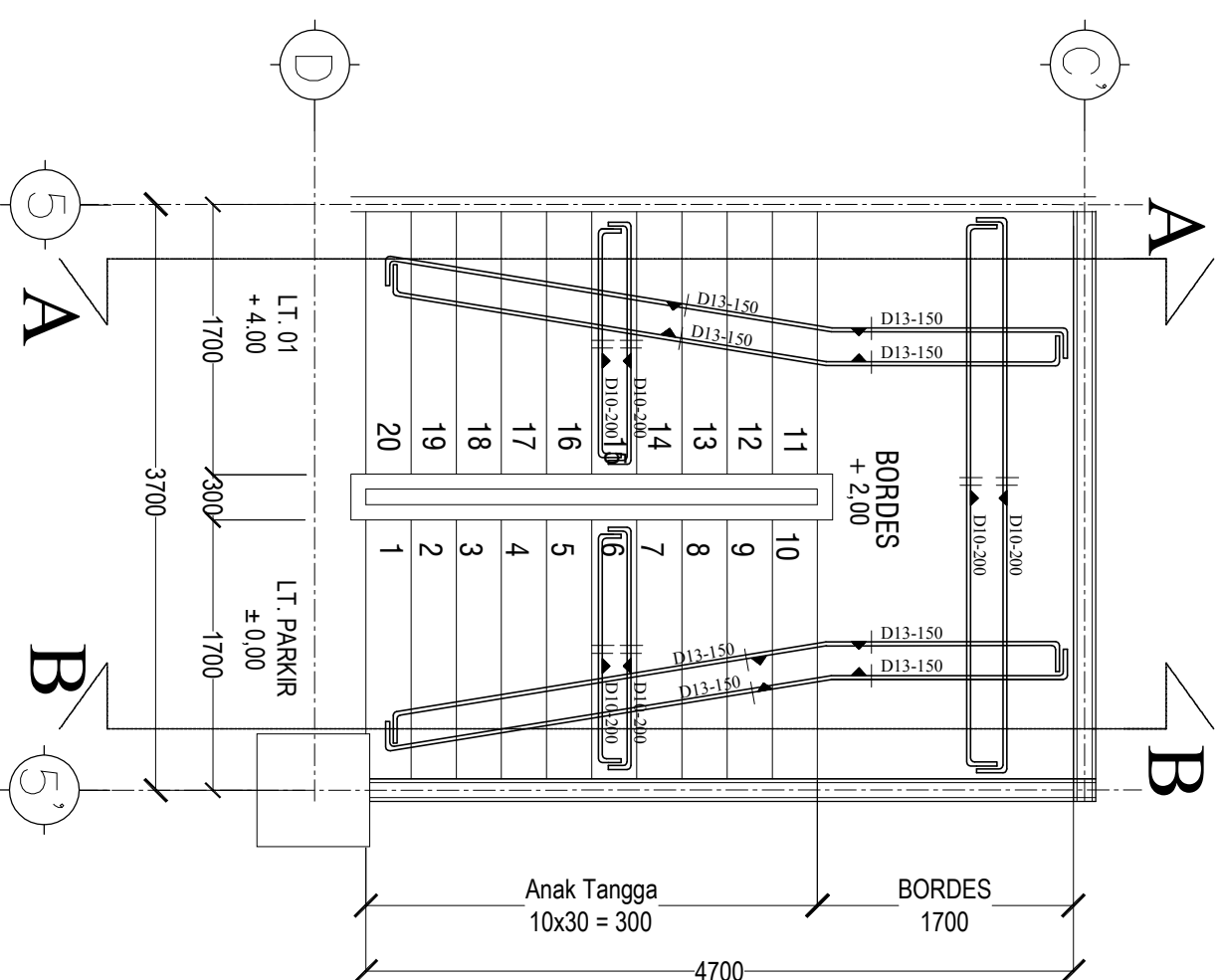
PENULANGAN TANGGA TIPE 1 DAN TIPE 2

KODE GAMBAR

STR

NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
------------	---------------

4272



**DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG**

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN *DUAL SYSTEM*
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN *SHEARWALL***

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN

Buyung Anugraha A., ST., NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN

Aff Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANTI
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN	= BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISI TANAH	= TANAH LUNAK
MUTU BETON	= 35 Mpa
MUTU BAJA	= 400 Mpa

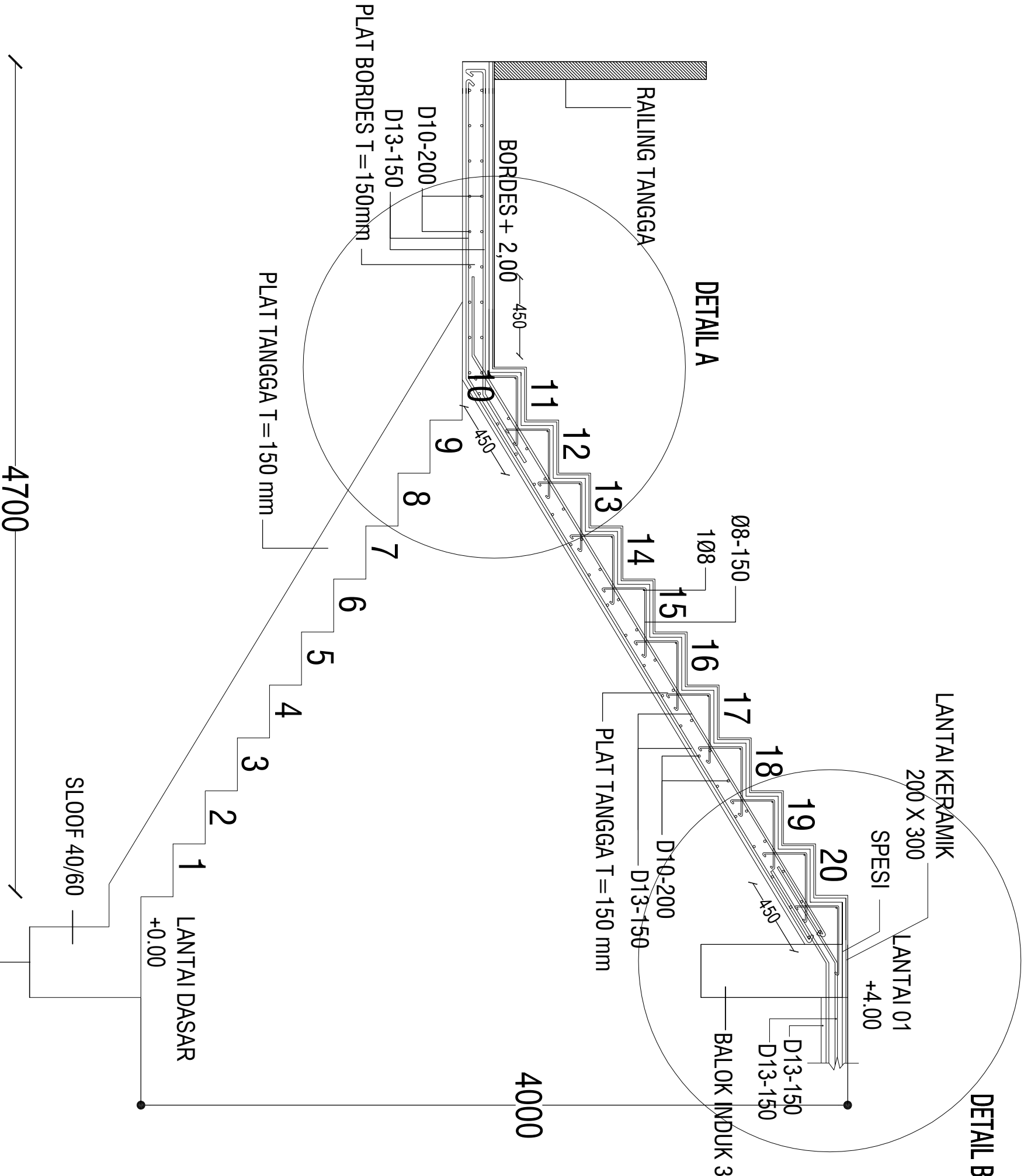
NAMA GAMBAR

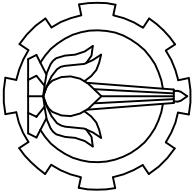
POTONGAN A-A PENULANGAN TANGGA TIPE 1

KODE GAMBAR	SKALA
STR	-
NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR



POTONGAN A-A PENULANGAN TANGGA TIPE 1
Skala 1:50





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN *DUAL SYSTEM*
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN *SHEARWALL*

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:
R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:
Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISITANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

POTONGAN B-B PENULANGAN
TANGGA TYPE 1

KODE GAMBAR SKALA

STR

-

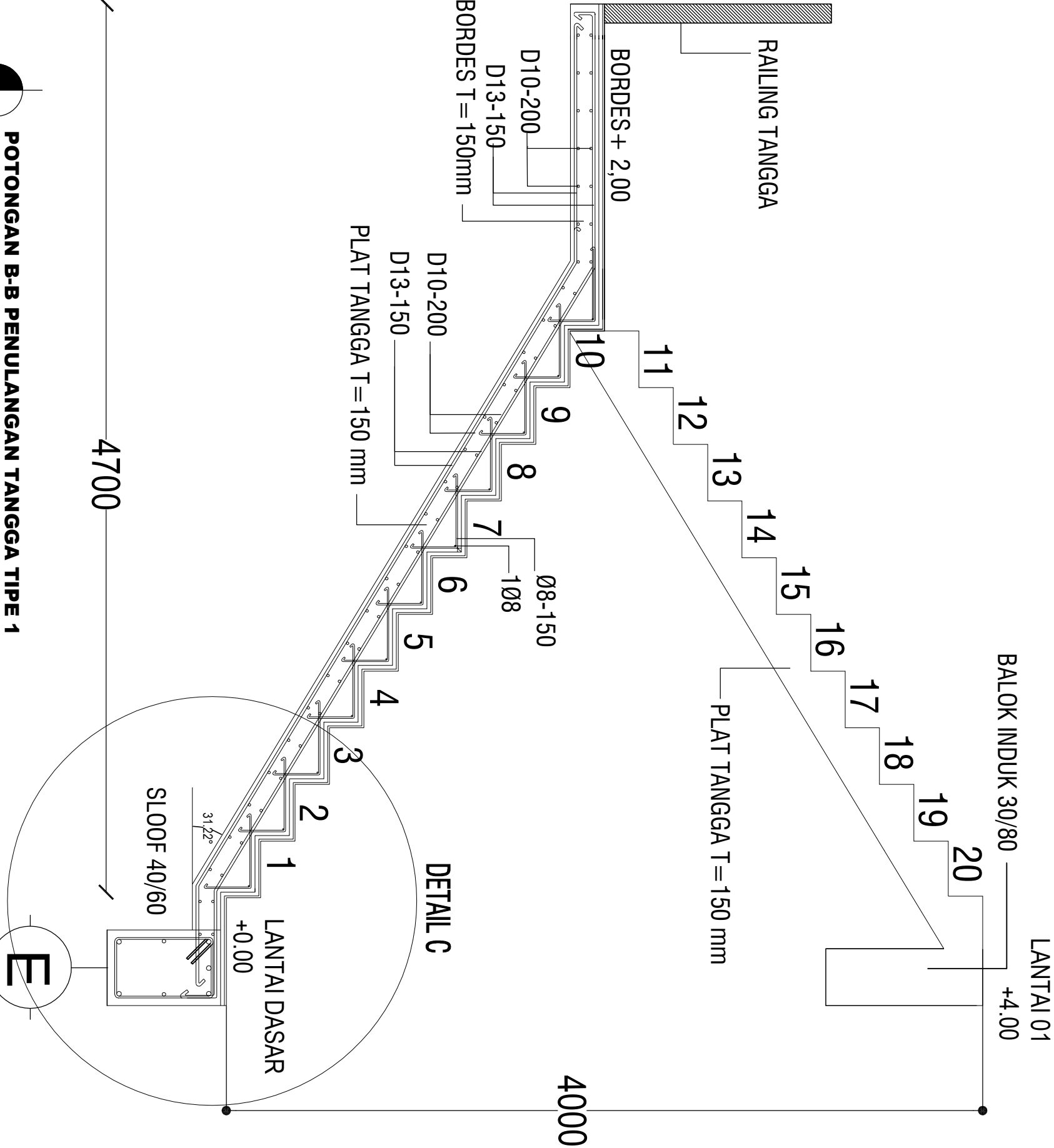
NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

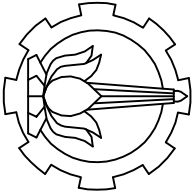
44

72

POTONGAN B-B PENULANGAN TANGGA TYPE 1

Skala 1:50





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN SHEARWALL

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:
R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:
Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

POTONGAN A-A PENULANGAN
TANGGA TYPE 2

KODE GAMBAR SKALA

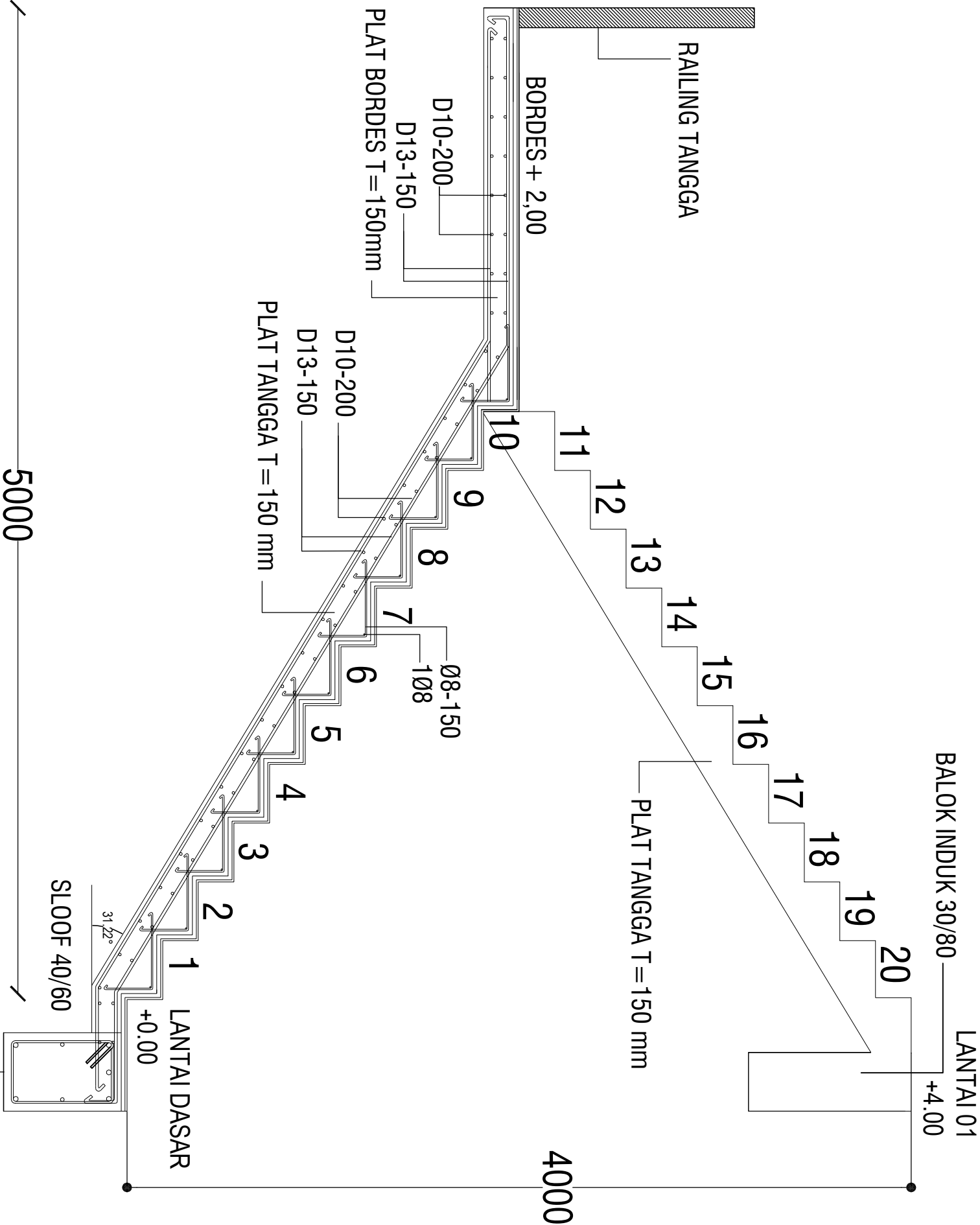
STR

-

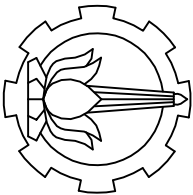
NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

45

72



POTONGAN A-A PENULANGAN TANGGA TYPE 2
Skala 1:50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN SHEARWALL

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:
R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:
Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISITANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

POTONGAN B-B PENULANGAN
TANGGA TYPE 2

KODE GAMBAR SKALA

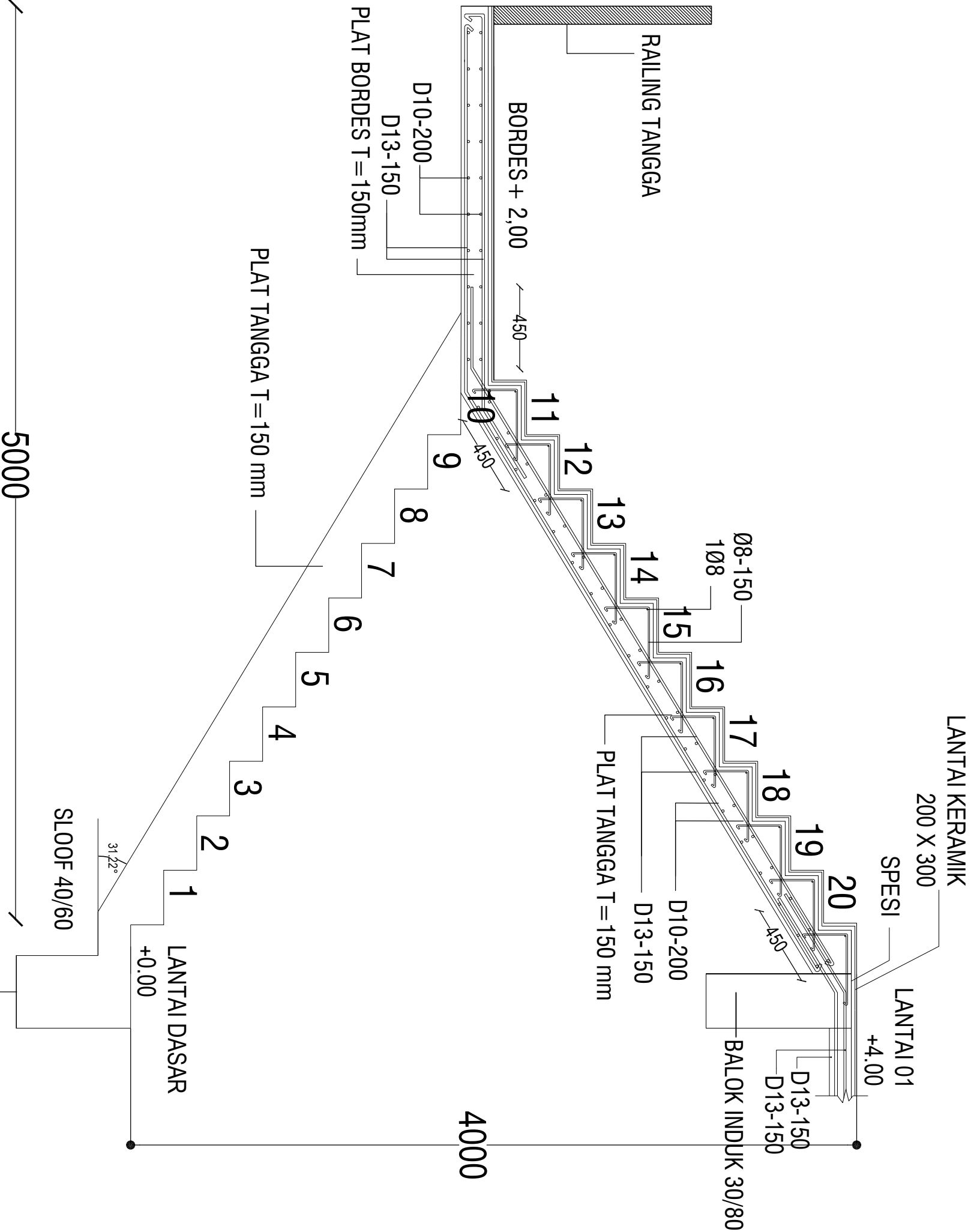
STR

-

NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

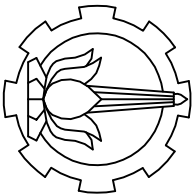
46

72



POTONGAN B-B PENULANGAN TANGGA TYPE 2

Skala 1:50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN SHEARWALL

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:

R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:

Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISITANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN
TANGGA

KODE GAMBAR SKALA

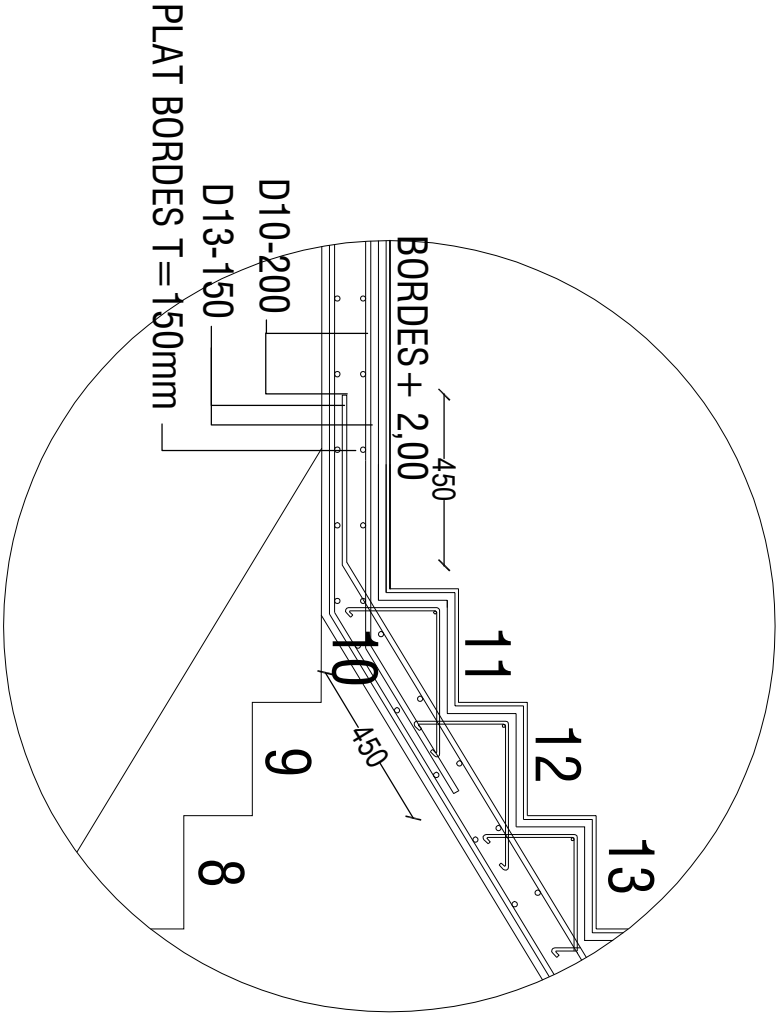
STR

-

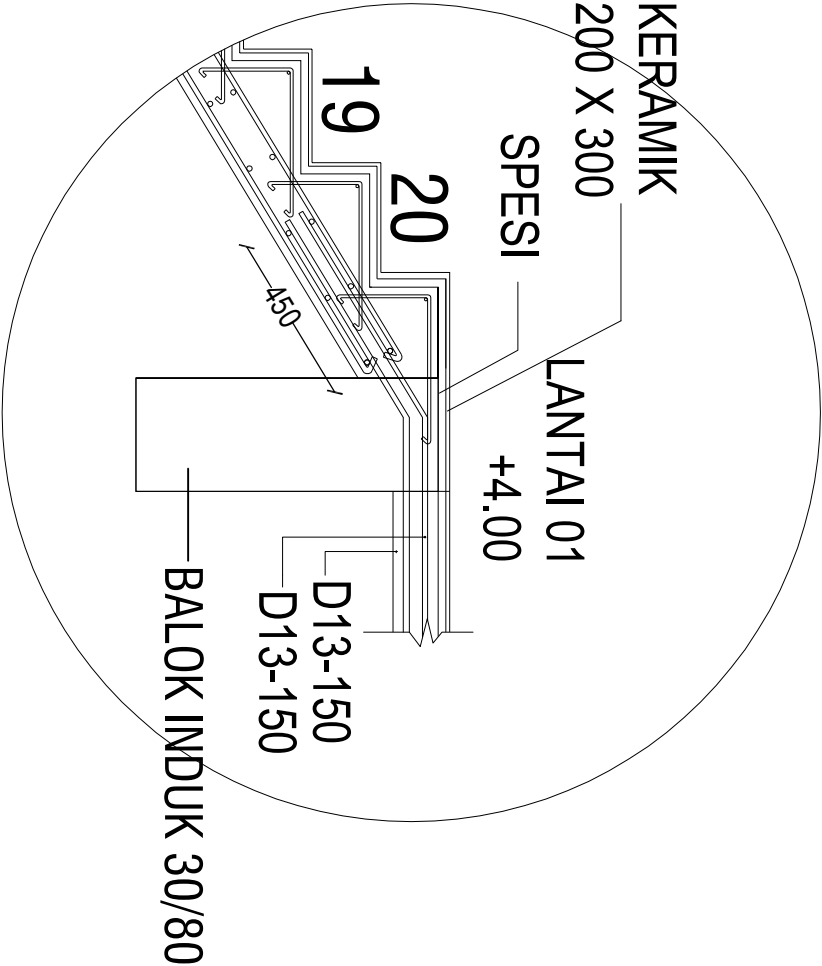
NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

47

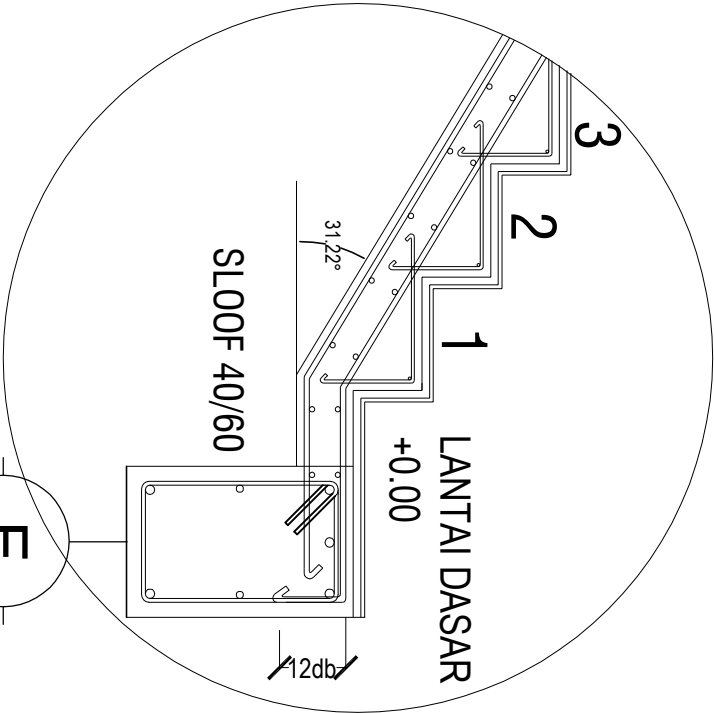
72



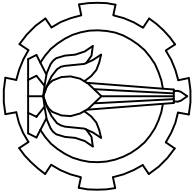
DETAIL A PENULANGAN TANGGA
Skala 1:25



DETAIL B PENULANGAN TANGGA
Skala 1:25



DETAIL C PENULANGAN TANGGA
Skala 1:25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN SHEARWALL

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:
R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:
Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

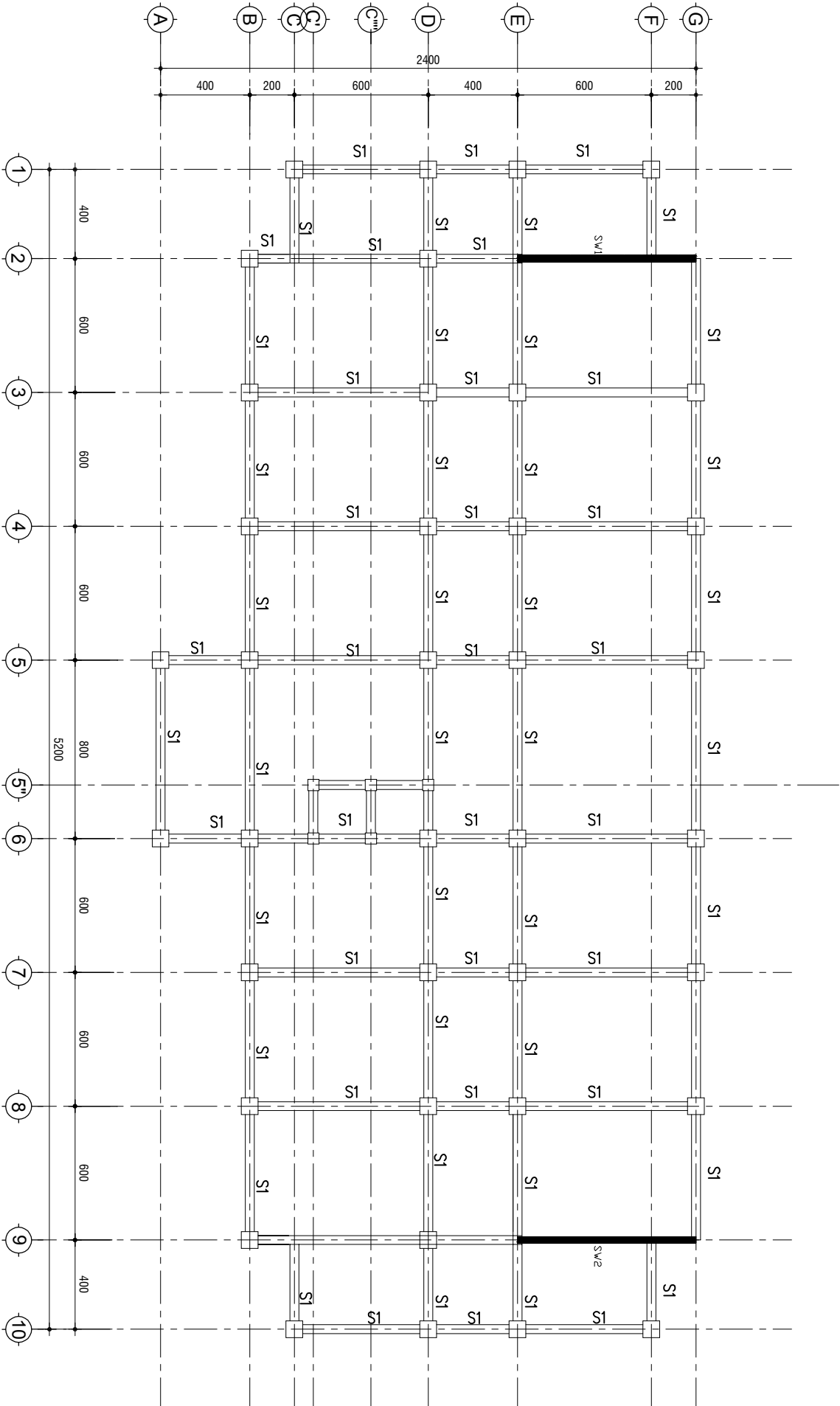
NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN SLOOF

KODE GAMBAR	SKALA
STR	-
NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR

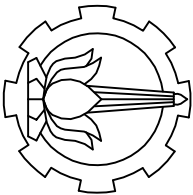
48

72



DENAH SLOOF
Skala 1:250

KODE	DIMENSI
S1	40 x 60 cm



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN SHEARWALL

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:
R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:
Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

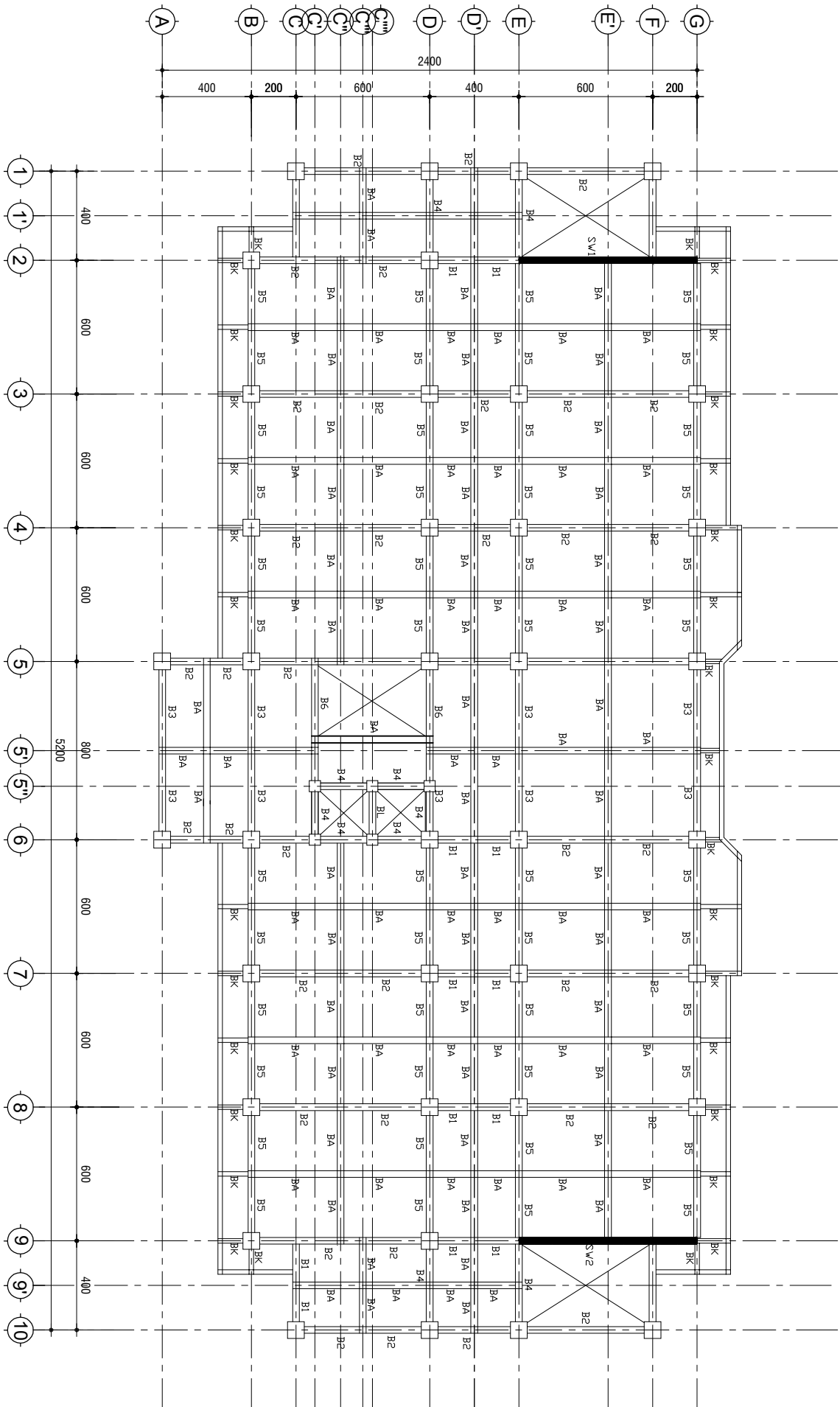
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISITANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

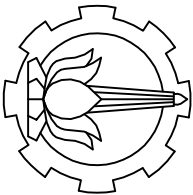
DETAIL TANGGA 1

KODE GAMBAR	SKALA
STR	-
NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR



DENAH PEMBALOKAN LANTAI 1-10

Skala 1:250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN SHEARWALL

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:

R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:

Afi Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISITANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

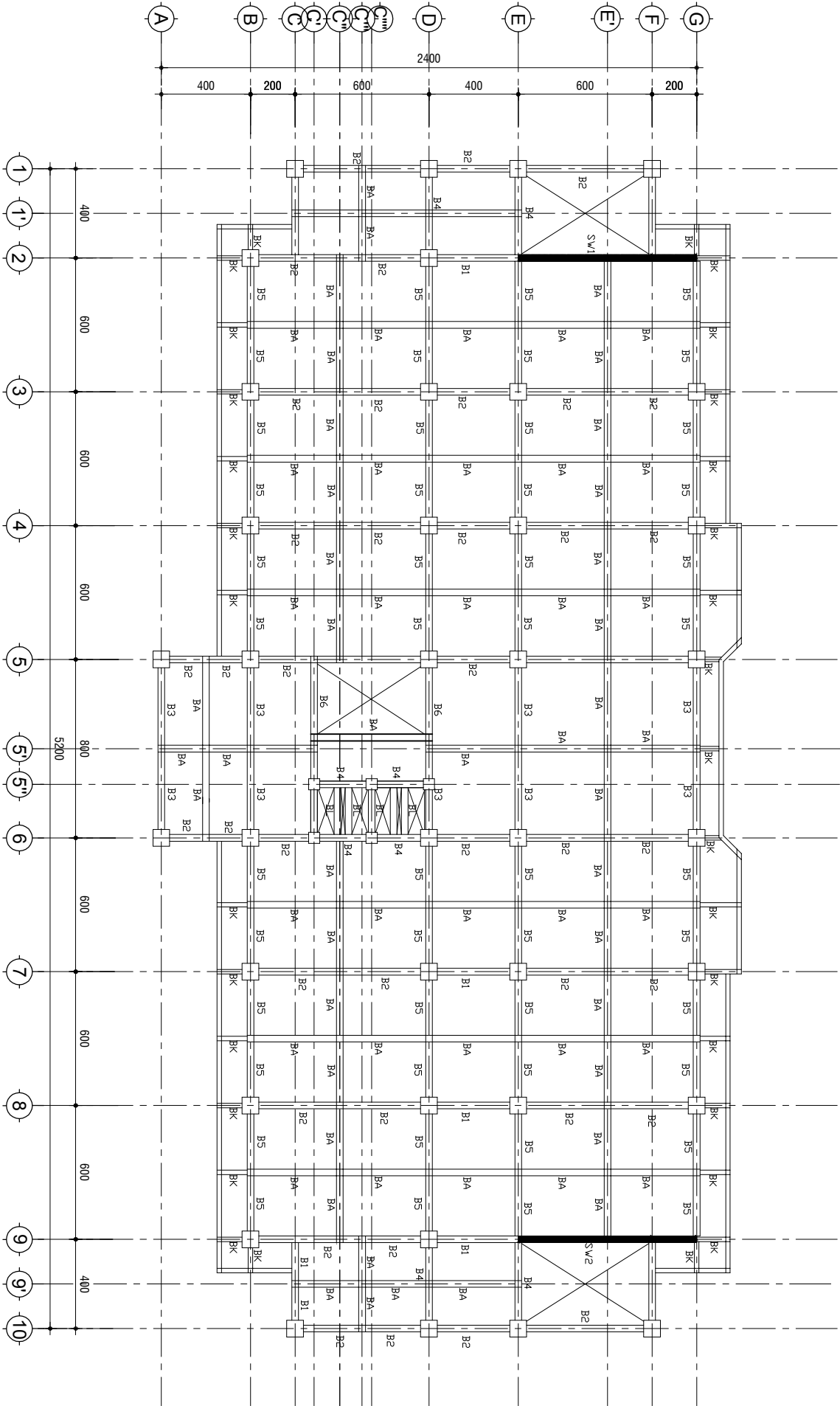
DETAIL TANGGA 1

KODE GAMBAR SKALA

STR

NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

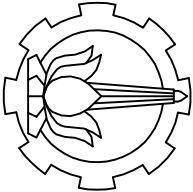
50 72



DENAH PEMBALOKAN LANTAI Atap

Skala 1:250





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN SHEARWALL

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:
R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:
Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

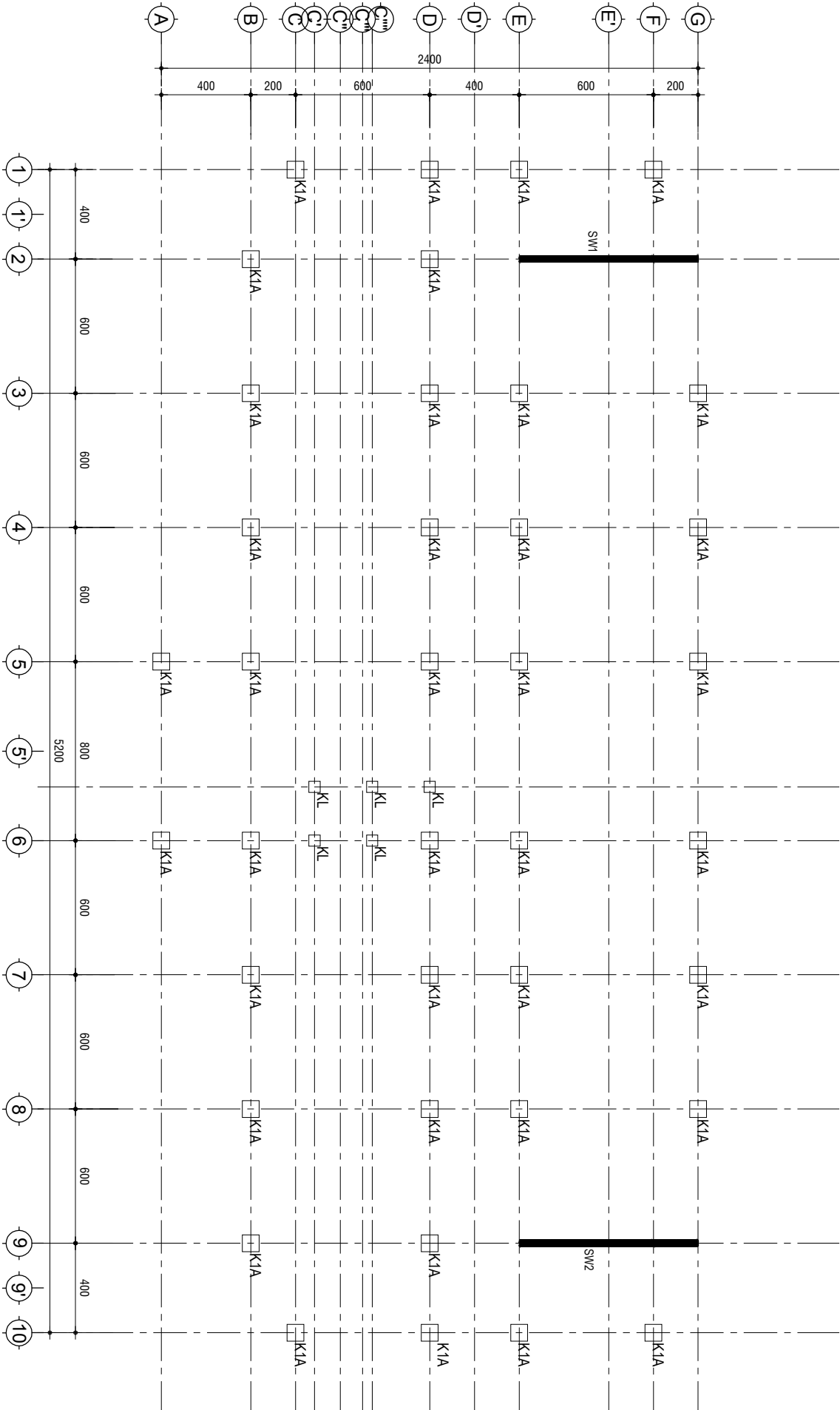
DENAH RENCANA KOLOM
TL. BASEMENT - LT.4

KODE GAMBAR SKALA

STR -

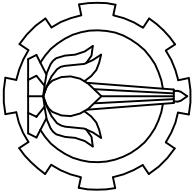
NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

51 72



DENAH RENCANA KOLOM LT. BASEMENT - LT.4

Skala 1:250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN SHEARWALL

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:

R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:

Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISITANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

DENAH RENCANA KOLOM LT.5 - LT.10	
KODE GAMBAR	SKALA

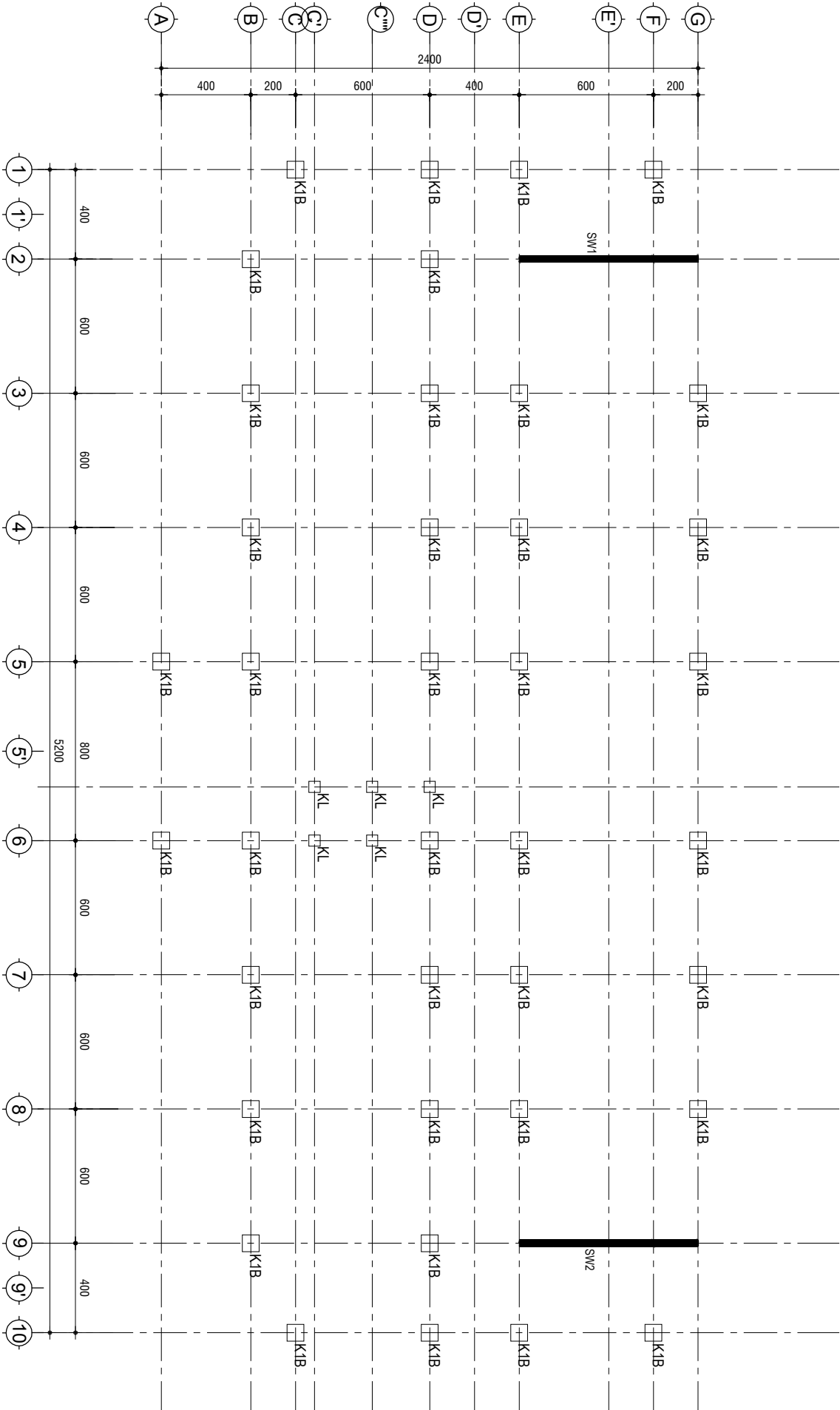
STR

-

NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

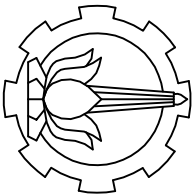
52

72



DENAH RENCANA KOLOM LT.5 - LT.10

Skala 1:250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL,
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN SHEARWALL

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:

R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:

Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

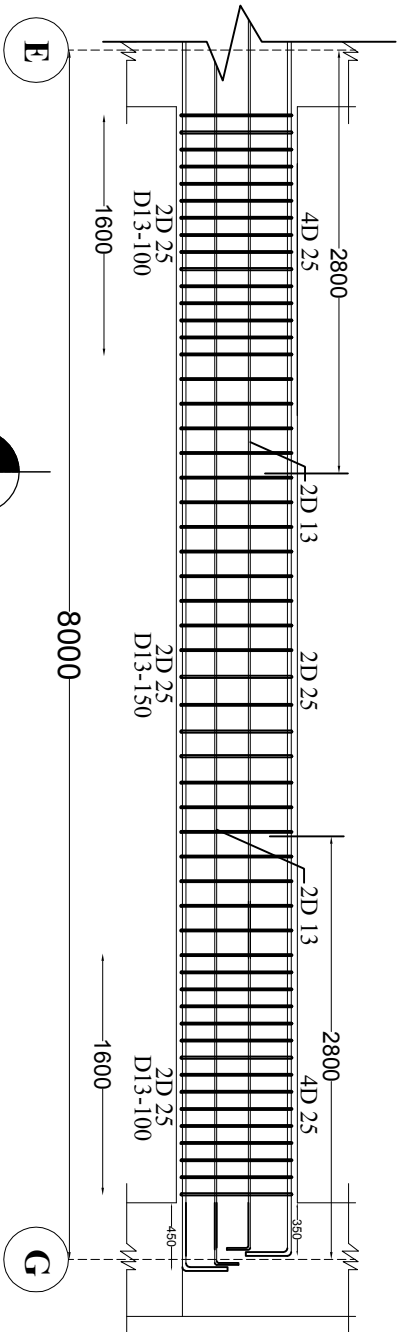
NAMA GAMBAR

DETAIL TANGGA 1

KODE GAMBAR	SKALA
STR	-

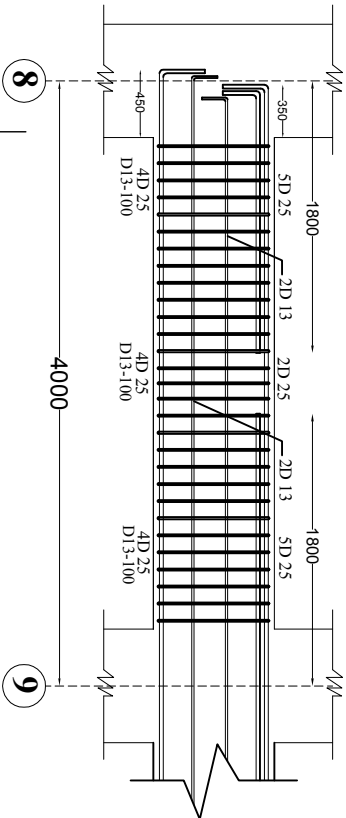
NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
53	72

KODE	B2 (Balok Induk Melintang)	
POSISI	TUMPUAN KANAN & KIRI	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI (mm)	300 x 800	300 x 800
TULANGAN ATAS	4 D 25	2 D 25
TULANGAN SAMPING	4 D 13	4 D 13
TULANGAN BAWAH	2 D 25	2 D 25
SENGKANG	D13 - 100	D13 - 150

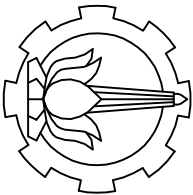


BALOK MELINTANG as 5
Skala 1:50

KODE	B1 (Balok Induk Melintang)	
POSISI	TUMPUAN KANAN & KIRI	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI (mm)	300 x 800	300 x 800
TULANGAN ATAS	5 D 25	2 D 25
TULANGAN SAMPING	4 D 13	4 D 13
TULANGAN BAWAH	4 D 25	4 D 25
SENGKANG	D13 - 100	D13 - 100



BALOK MELINTANG SEBELAH SW as 2
Skala 1:50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
 SURABAYA MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM
 DENGAN METODE PELAKSANAAN
 KONSTRUKSI KOLOM DAAN *SHEARWALL*

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:

R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:

Afif Navir Refani, ST., MT.
 NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
 NRP. 3113041032

KETERANGAN

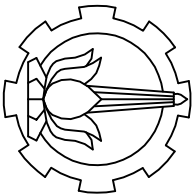
FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
 KONDISITANAH = TANAH LUNAK
 MUTU BETON = 35 Mpa
 MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN BALOK B1 DAN B2

KODE GAMBAR	SKALA
STR	-
NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR

54	72
----	----



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN SHEARWALL

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:

R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:

Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISITANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN
BALOK B3 DAN B4

KODE GAMBAR

SKALA

STR

-

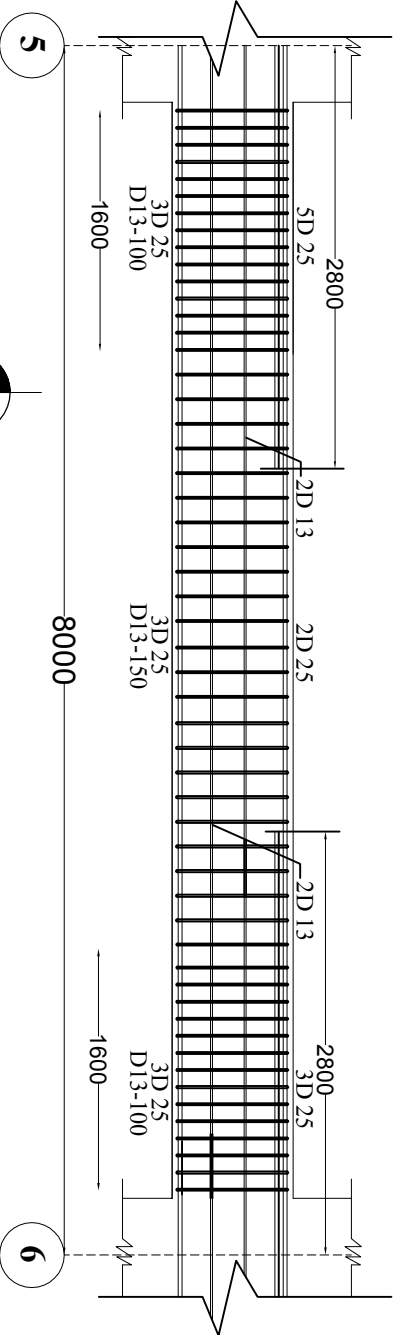
NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

55

72

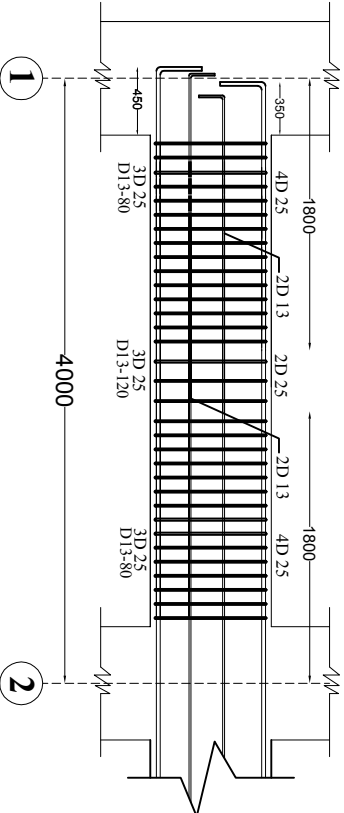
B3 (Balok Induk Memanjang)		
KODE	TUMPUAN KANAN & KIRI	LAPANGAN
POSISI		
POTONGAN		
DIMENSI (mm)	300 x 800	300 x 800
TULANGAN ATAS	5 D 25	2 D 25
TULANGAN SAMPIING	4 D 13	4 D 13
TULANGAN BAWAH	3 D 25	3 D 25
SENGKANG	D13 - 100	D13 - 150



BALOK MEMANJANG as E

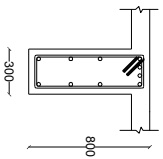
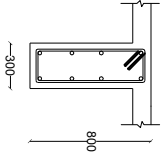
Skala 1:50

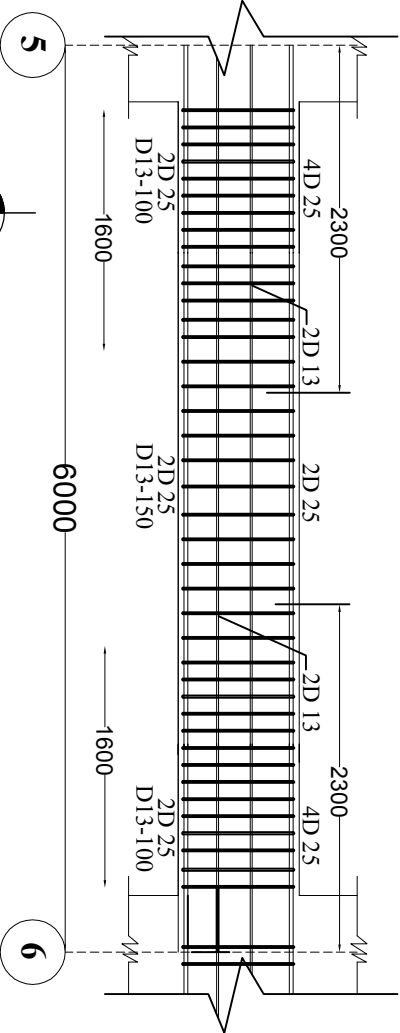
B4 (Balok Induk Memanjang)		
KODE	TUMPUAN KANAN & KIRI	LAPANGAN
POSISI		
POTONGAN		
DIMENSI (mm)	300 x 800	300 x 800
TULANGAN ATAS	4 D 25	2 D 25
TULANGAN SAMPIING	4 D 13	4 D 13
TULANGAN BAWAH	3 D 25	3 D 25
SENGKANG	D13 - 80	D13 - 120



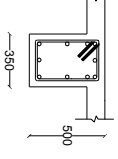
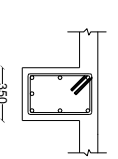
BALOK MEMANJANG as E

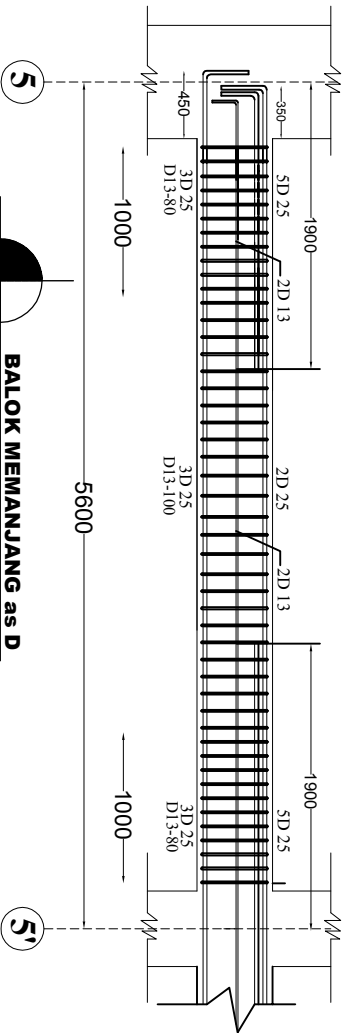
Skala 1:50

KODE	B5 (Balok Induk Memanjang)	
POSISI	TUMPUAN KANAN & KIRI	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI (mm)	300 x 800	300 x 800
TULANGAN ATAS	4 D 25	2 D 25
TULANGAN SAMPIING	4 D 13	4 D 13
TULANGAN BAWAH	2 D 25	2 D 25
SENGKANG	D13 - 100	D13 - 150

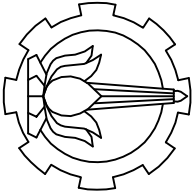


BALOK MEMANJANG as E
Skala 1:50

KODE	B6 (Balok Induk Memanjang)	
POSISI	TUMPUAN KANAN & KIRI	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI (mm)	350 x 500	350 x 500
TULANGAN ATAS	5 D 25	2 D 25
TULANGAN SAMPIING	2 D 13	2 D 13
TULANGAN BAWAH	3 D 25	3 D 25
SENGKANG	D13 - 80	D13 - 100



BALOK MEMANJANG as D
Skala 1:50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL,
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN *SHEARWALL*

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:

R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:

Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISITANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

**DETAIL PENULANGAN
BALOK B5 DAN B6**

KODE GAMBAR

SKALA

STR

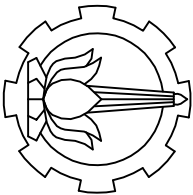
-

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

56

72



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL,
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN SHEARWALL

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:

R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:

Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

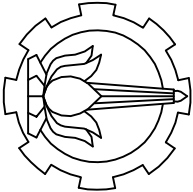
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISITANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN
BALOK BS DAN BK

KODE GAMBAR	SKALA
STR	-
NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
57	72



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN SHEARWALL

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:

R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:

Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN
BALOK BA DAN BL

KODE GAMBAR SKALA

STR

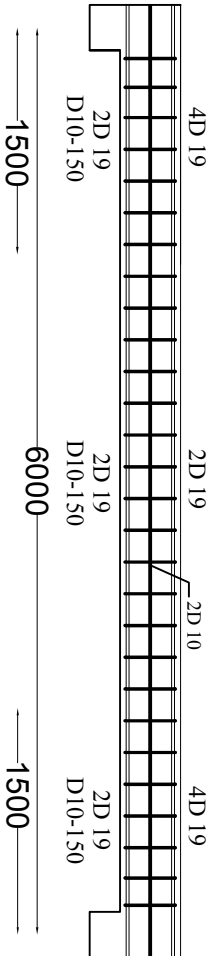
-

NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

58

72

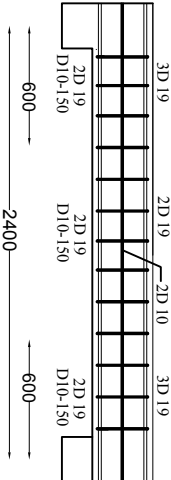
KODE	BA (Balok Anak)	
POSI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI (mm)	300 x 400	300 x 400
TULANGAN ATAS	4 D 19	2 D 19
TULANGAN SAMPIING	2 D 10	2 D 10
TULANGAN BAWAH	2 D 19	2 D 19
SENGKANG	D10 - 150	D10 - 150



BALOK ANAK as 8-9

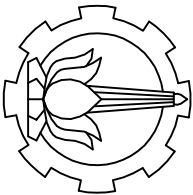
Skala 1:50

KODE	BL (Balok Penggantung Lift)	
POSI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI (mm)	300 x 400	300 x 400
TULANGAN ATAS	3 D 19	2 D 19
TULANGAN SAMPIING	2 D 10	2 D 10
TULANGAN BAWAH	2 D 19	2 D 19
SENGKANG	D10 - 150	D10 - 150



BALOK PENGGANTUNG LIFT

Skala 1:50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN SHEARWALL

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:
R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:
Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISITANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN KOLOM
AS E (+0m - +4,2m)

KODE GAMBAR SKALA

STR -

NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

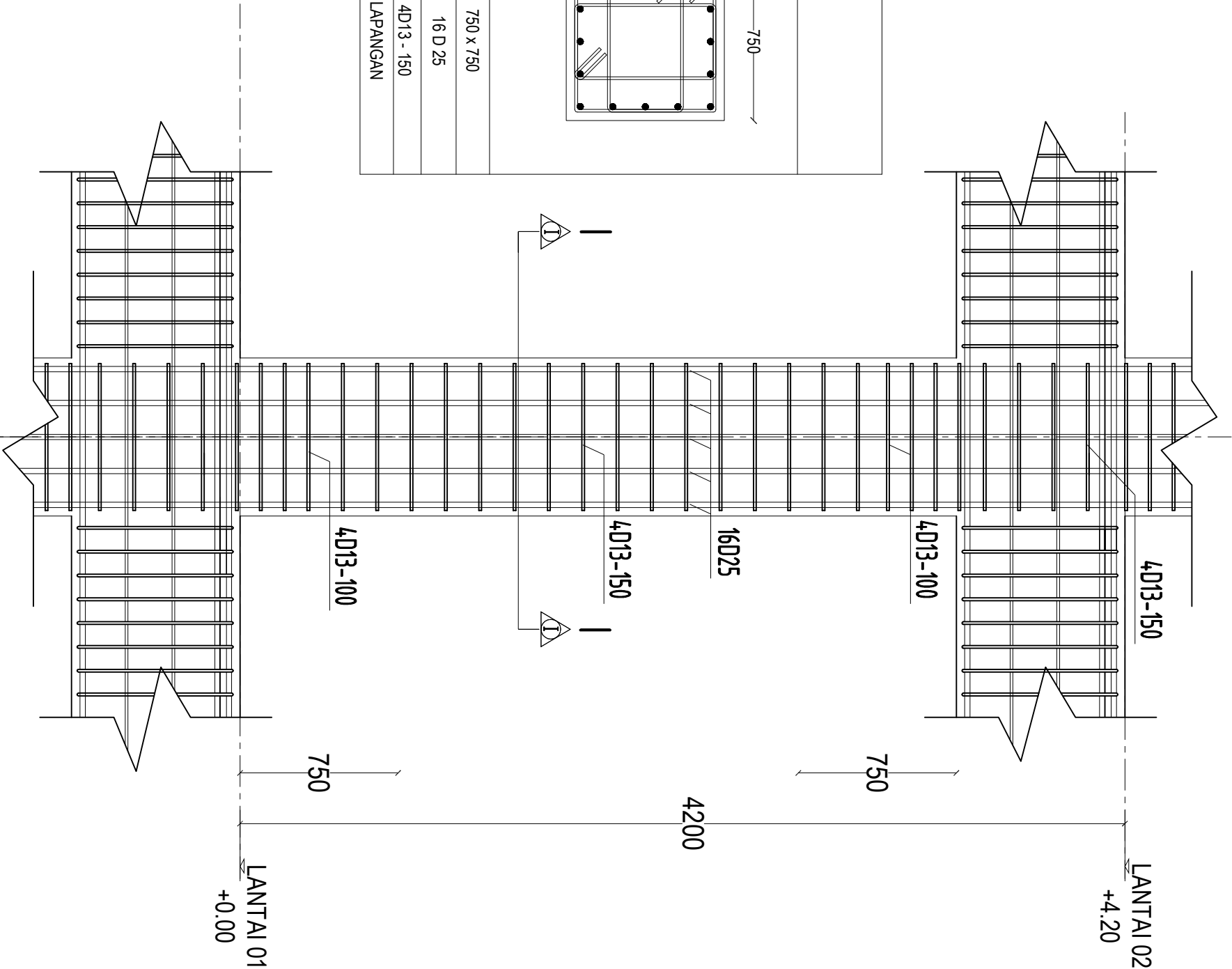
59 72

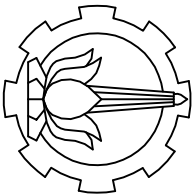
DETAIL PENULANGAN KOLOM AS E (+0m - +4,2m)

Skala 1:25



TYPE KOLOM	K1A	
POTONGAN I-I		
DIMENSI	750 x 750	750 x 750
TUL. UTAMA	16 D 25	16 D 25
TUL. SENGKANG	4D13 - 100	4D13 - 150
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN SHEARWALL

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:
R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:
Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISITANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

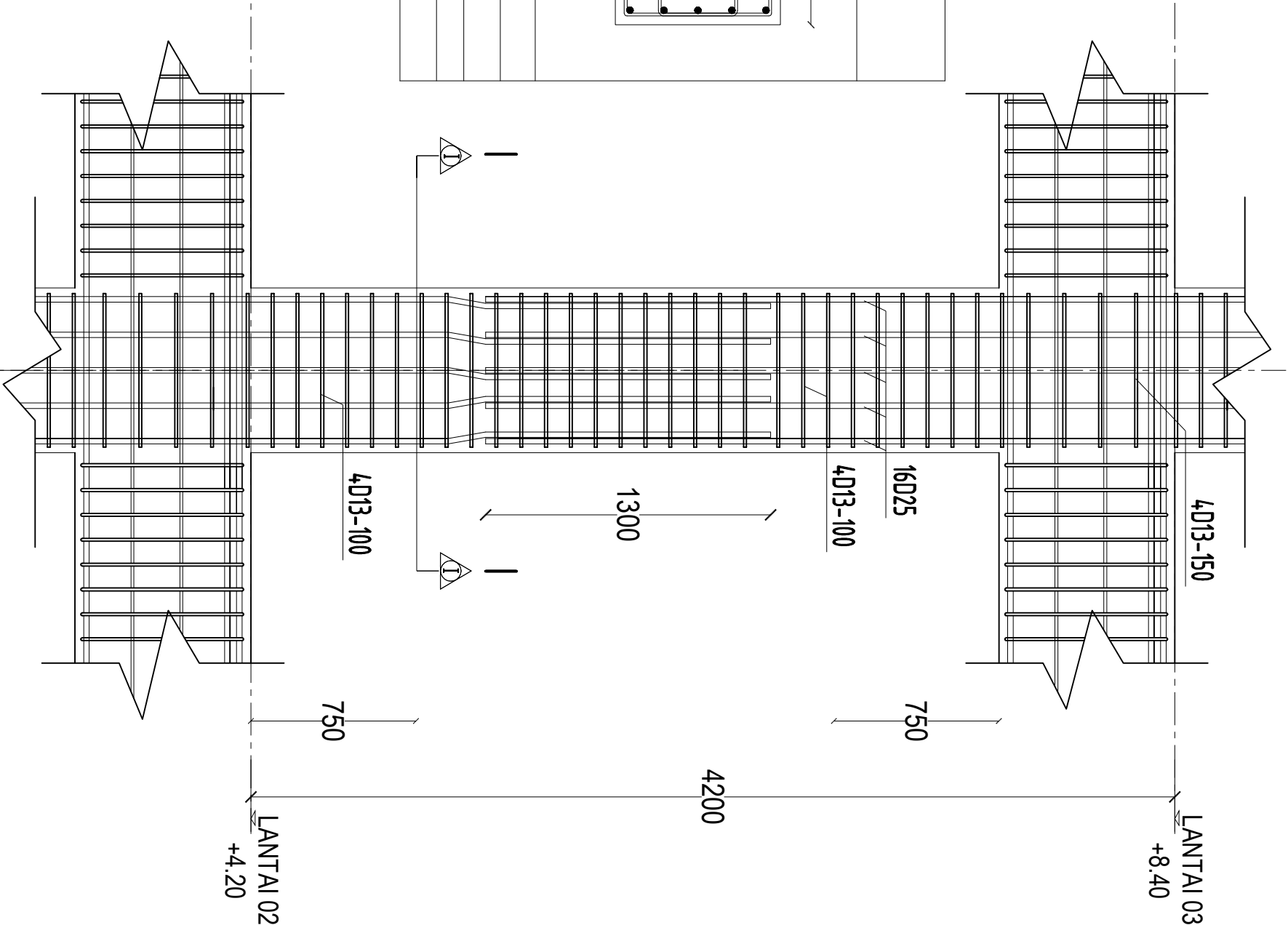
DETAIL PENULANGAN KOLOM
AS E (+4,2m - +8,4m)

KODE GAMBAR SKALA

STR -

NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

60 72

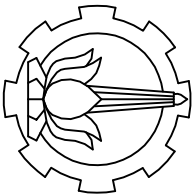


TYPE KOLOM	K1A	
POTONGAN I-I		
DIMENSI	750 x 750	750 x 750
TUL. UTAMA	16 D 25	16 D 25
TUL. SENGKANG	4D13 - 100	4D13 - 150
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN

DETAIL PENULANGAN KOLOM AS E (+4,2m - +8,4m)

Skala 1:25

5



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN SHEARWALL

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:
R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:
Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISITANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN KOLOM
AS E (+16,8m - +21,0m)

KODE GAMBAR SKALA

STR -

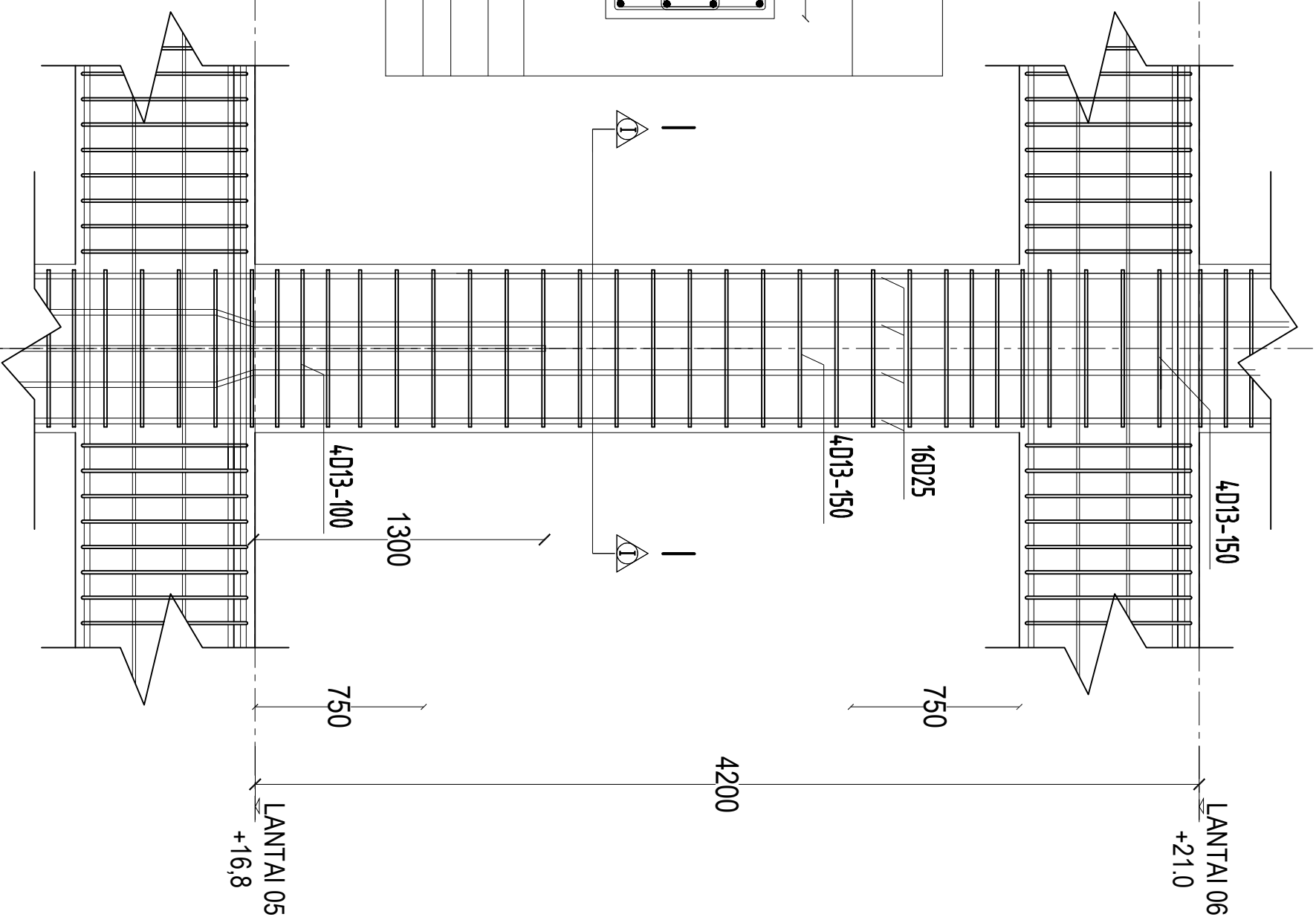
NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

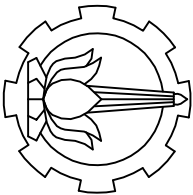
61 72

DETAIL PENULANGAN KOLOM AS E (+16,8m - +21,0m)

Skala 1:25

TYPE KOLOM	K1B	
POTONGAN I-I		
DIMENSI	750 x 750	750 x 750
TUL. UTAMA	12 D 25	12 D 25
TUL. SENGKANG	4D13 - 100	4D13 - 150
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN SHEARWALL

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:
R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:
Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISITANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

DETAILPENULANGAN KOLOM
AS E (+0m - +4,2m)

KODE GAMBAR SKALA

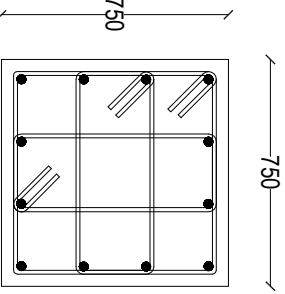
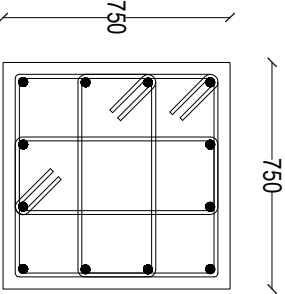
STR -

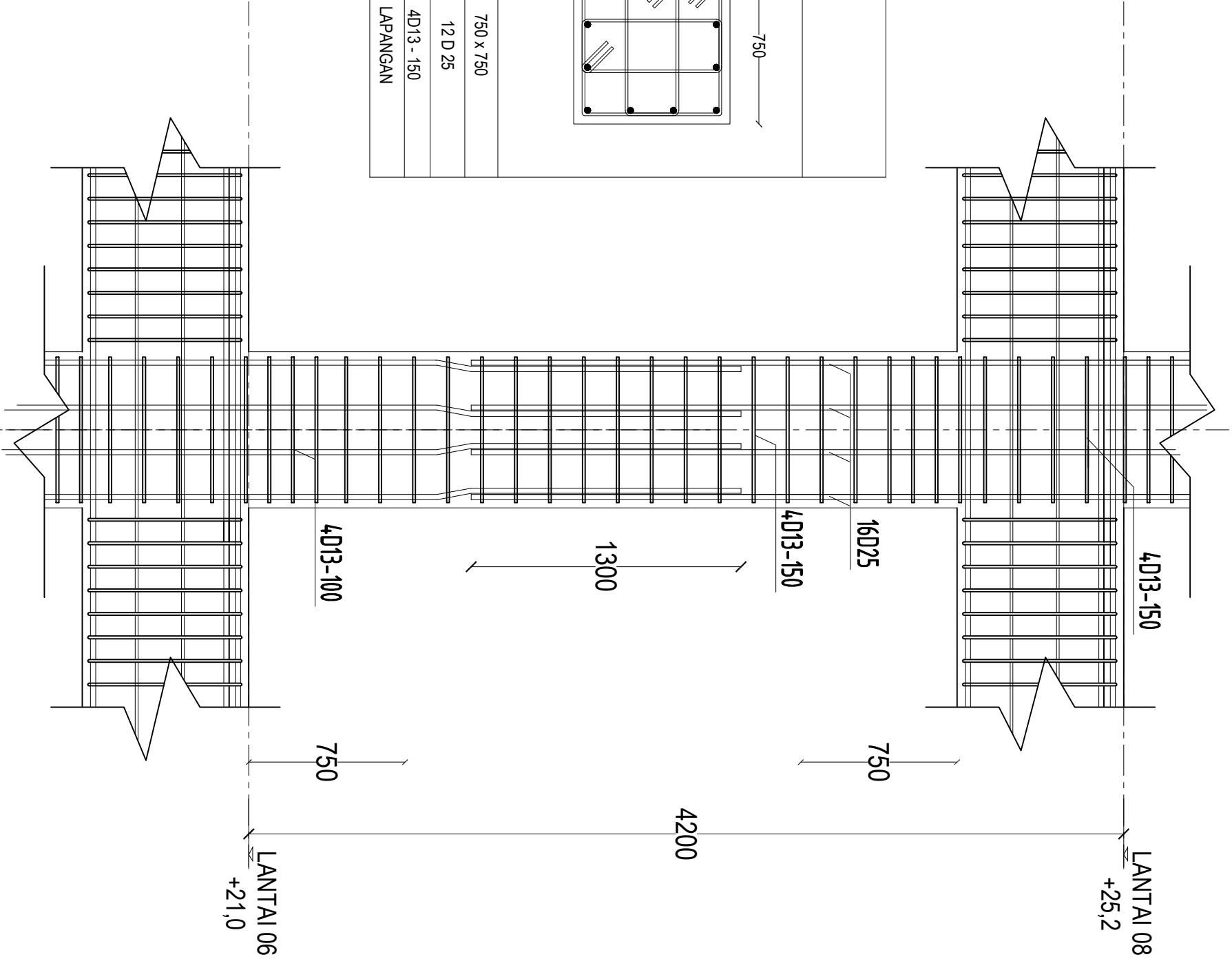
NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

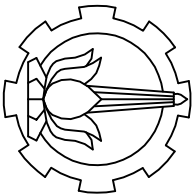
62 72

DETAIL PENULANGAN KOLOM AS E (+21,0m - +25,2m)

Skala 1:25

TYPE KOLOM	K1B	
POTONGAN I-I		
DIMENSI	750 x 750	750 x 750
TUL. UTAMA	12 D 25	12 D 25
TUL. SENGKANG	4D13 - 100	4D13 - 150
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN SHEARWALL

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:
R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:
Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISITANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

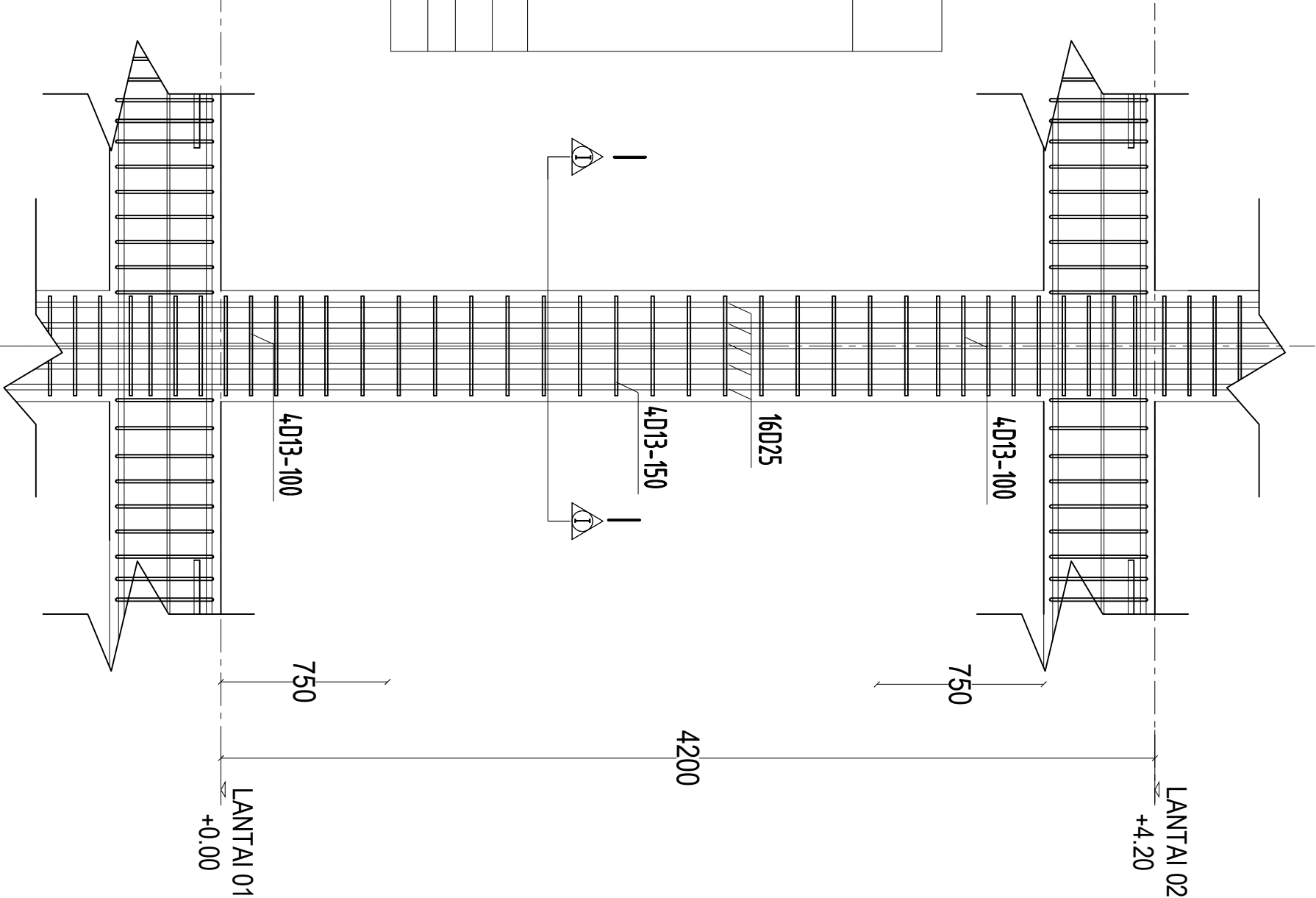
DETAIL PENULANGAN KOLOM
AS C (+0m - +4,2m)

KODE GAMBAR SKALA

STR -

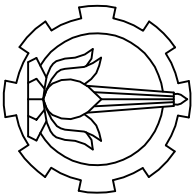
NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

63 72



TYPE KOLOM	KL	
POTONGAN I-I		
DIMENSI	500 x 500	500 x 500
TUL. UTAMA	16 D 25	16 D 25
TUL. SENGKANG	4D13 - 100	4D13 - 150
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN

DETAIL PENULANGAN KOLOM As C' (+0,0m - +4,2m)
Skala 1:25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN SHEARWALL

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:
R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:
Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISITANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

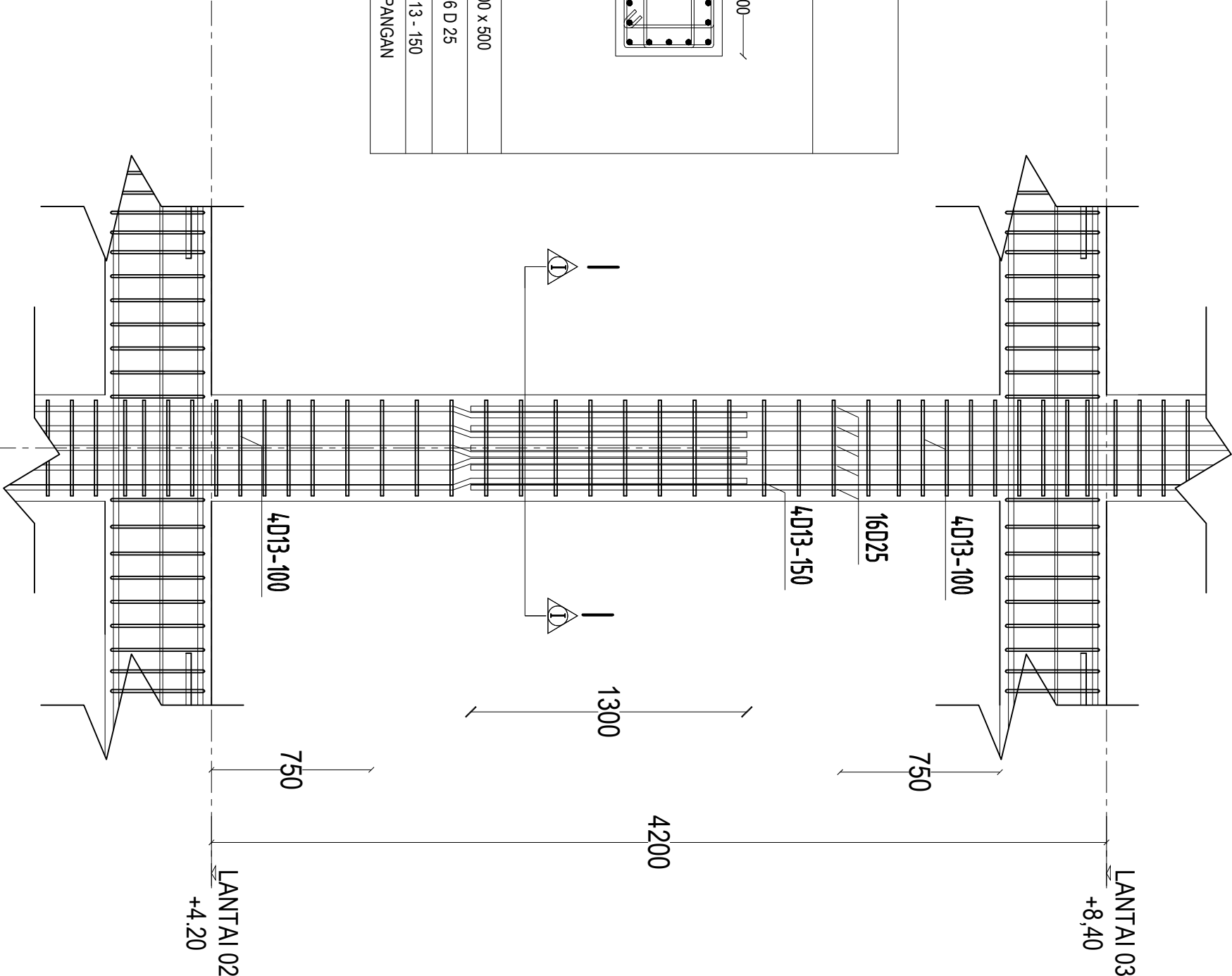
DETAIL PENULANGAN KOLOM
AS C (+4,2m - +8,4m)

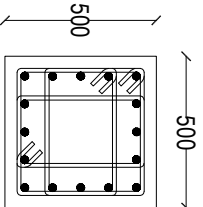
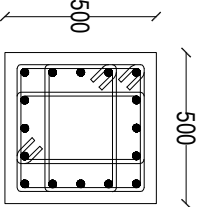
KODE GAMBAR SKALA

STR -

NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

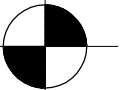
64 72

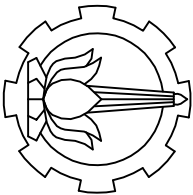


TYPE KOLOM	KL	
POTONGAN I-I		
DIMENSI	500 x 500	500 x 500
TUL. UTAMA	16 D 25	16 D 25
TUL. SENGKANG	4D13 - 100	4D13 - 150
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN

DETAIL PENULANGAN KOLOM As C' (+4,2m - +8,4m)

Skala 1:25





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN SHEARWALL

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:

R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:

Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

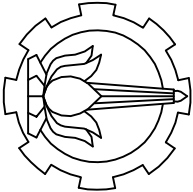
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISITANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN
SHEARWALL

KODE GAMBAR	SKALA
STR	-
NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
65	72



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN SHEARWALL

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:

R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:

Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISITANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

DETAIL HUBUNGAN
BALOK KOLOM

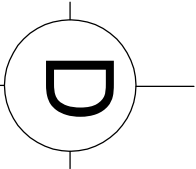
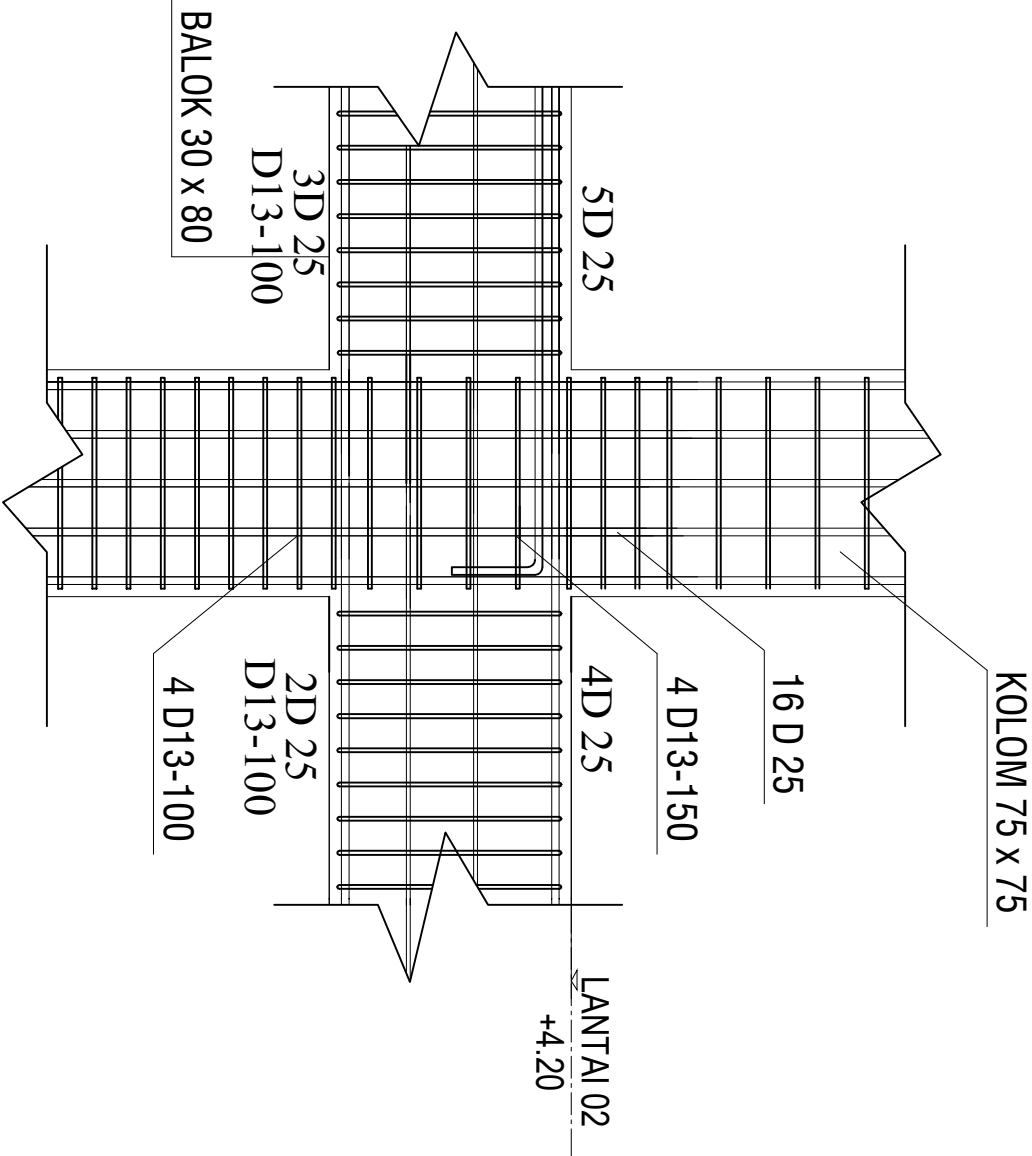
KODE GAMBARSKALA

STR-

NO. LEMBARJUMLAH LEMBAR

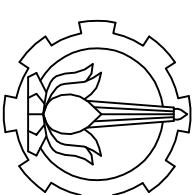
66

72



DETAIL HUBUNGAN BALOK KOLOM

Skala 1:25



**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV. DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG**

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN *DUAL SYSTEM*
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN *SHEARWALL***

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:

R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:

Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

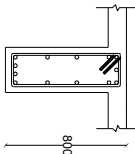
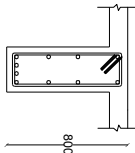
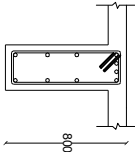
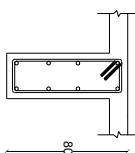
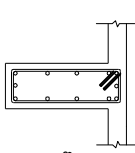
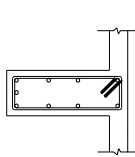
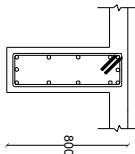
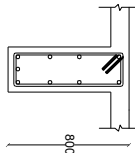
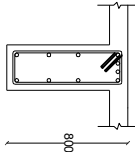
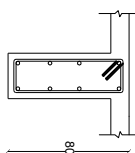
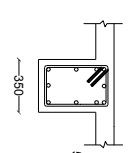
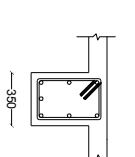
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN	= BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISI TANAH	= TANAH LUNAK
MUTU BETON	= 35 Mpa
MUTU BAJA	= 400 Mpa

NAMA GAMBAR

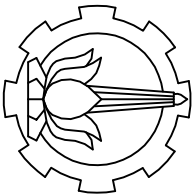
REKAP PENULANGAN BALOK

DIMENSI (mm)	300 x 400	300 x 400	300 x 400
TULANGAN ATAS	4 D 19	2 D 19	3 D 19
TULANGAN SAMPING	2 D 10	2 D 10	2 D 10
TULANGAN BAWAH	2 D 19	2 D 19	2 D 19
SENGANG	D10 - 150	D10 - 150	D10 - 150

KODE	B1 (Balok Induk Melintang)		B2 (Balok Induk Melintang)		B3 (Balok Induk Memanjang)	
POSI	TUMPUAN KANAN & KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN & KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN & KIRI	LAPANGAN
POTONGAN						
DMENSI (mm)	300 x 800	300 x 800	300 x 800	300 x 800	300 x 800	300 x 800
TULANGAN ATAS	5 D 25	2 D 25	4 D 25	2 D 25	5 D 25	2 D 25
TULANGAN SAMPING	4 D 13	4 D 13	4 D 13	4 D 13	2 D 13	2 D 13
TULANGAN BAWAH	3 D 25	3 D 25	2 D 25	2 D 25	3 D 25	3 D 25
SENGKANG	D13 - 80	D13 - 120	D13 - 100	D13 - 150	D13 - 80	D13 - 100
KODE	B4 (Balok Induk Memanjang)		B5 (Balok Induk Memanjang)		B6 (Balok Induk Memanjang)	
POSI	TUMPUAN KANAN & KIRI	LAPANGAN		LAPANGAN	TUMPUAN KANAN & KIRI	LAPANGAN
POTONGAN						



NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
67	72



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL,
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN SHEARWALL

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:

R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:

Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISITANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

REKAP PENULANGAN
KOLOM

KODE GAMBAR SKALA

STR

-

NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

68

72

TYPE KOLOM		K1A		K1B	
POTONGAN I-I					
DIMENSI	750 x 750	750 x 750	750 x 750	750 x 750	750 x 750
TUL. UTAMA	16 D 25	16 D 25	12 D 25	12 D 25	12 D 25
TUL. SENGKANG	4D13 - 100	4D13 - 150	4D13 - 100	4D13 - 150	4D13 - 150
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	LAPANGAN

TYPE KOLOM		KL	
POTONGAN I-I			
DIMENSI	500 x 500	500 x 500	500 x 500
TUL. UTAMA	16 D 25	16 D 25	16 D 25
TUL. SENGKANG	4D13 - 100	4D13 - 150	4D13 - 150
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	LAPANGAN



REKAP PENULANGAN KOLOM
Skala 1:25



JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN *DUAL SYSTEM*
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN *SHEARWALL***

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:

R. Buying Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:

Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANTA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN	= BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISI TANAH	= TANAH LUNAK
MUTU BETON	= 35 Mpa
MUTU BALAK	= 400 Mpa

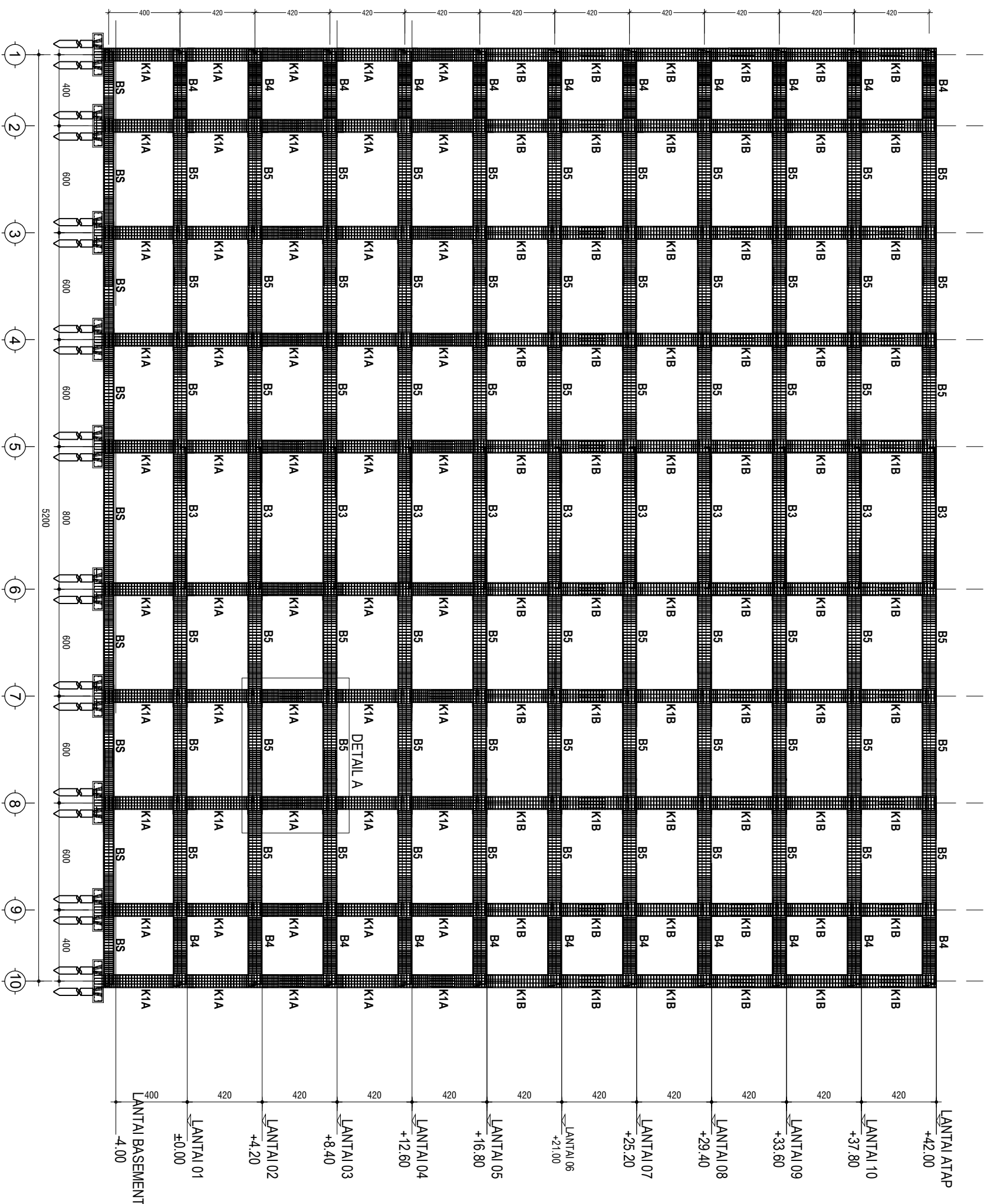
NAMA GAMBAR

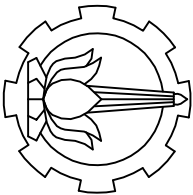
PENULANGAN PORTAL MEMANJANG AS 1-10

KODE GAMBAR	SKALA
-------------	-------

STR

NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
------------	---------------





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN SHEARWALL

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:

R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:

Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISITANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

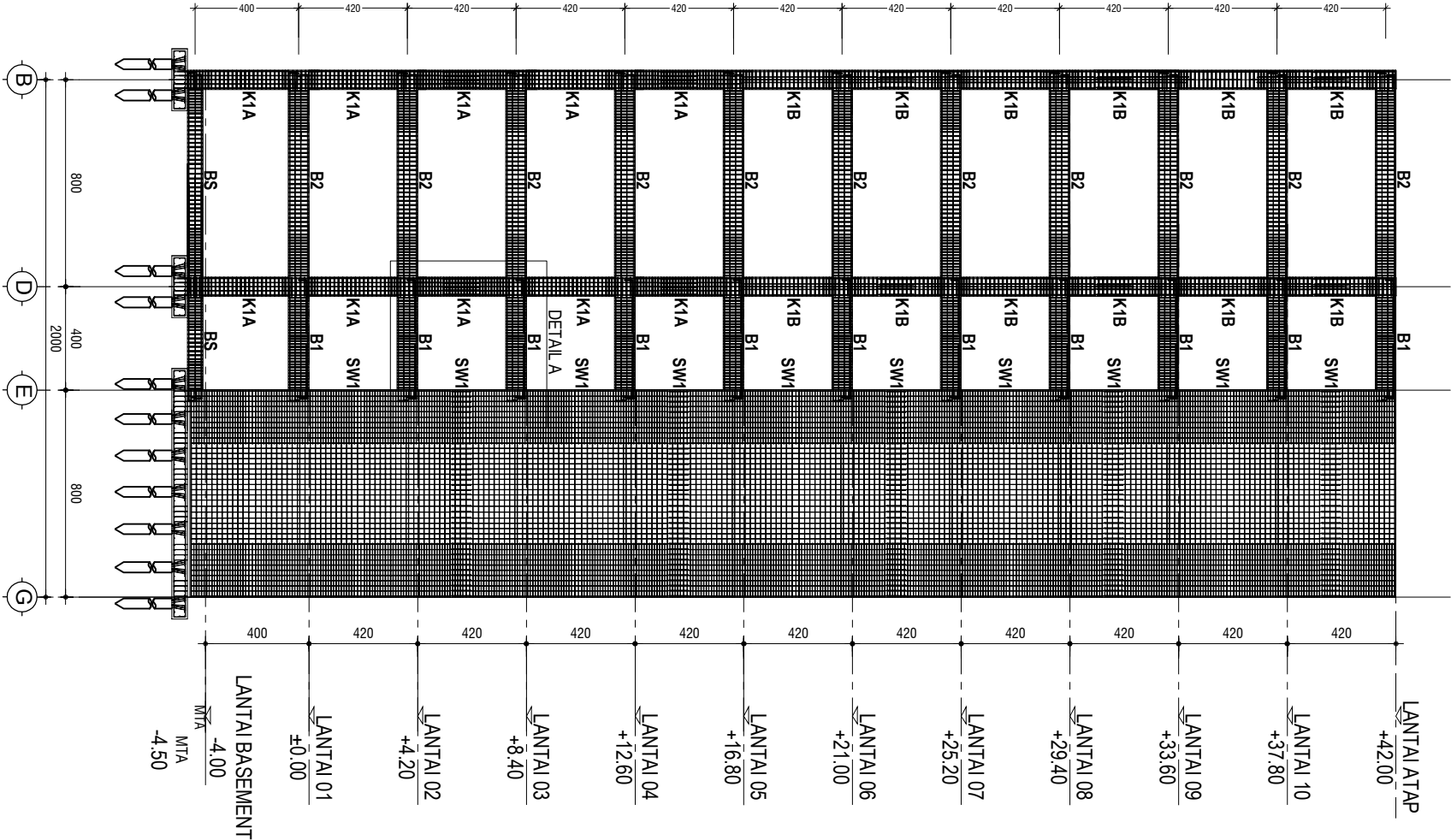
PENULANGAN PORTAL
MELINTANG AS B-G

KODE GAMBAR SKALA

STR -

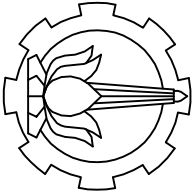
NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

70 72



PENULANGAN PORTAL MELINTANG AS B-G

Skala 1:250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN SHEARWALL

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:

R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:

Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISI TANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

DETAIL PORTAL
MEMANJANG

KODE GAMBAR SKALA

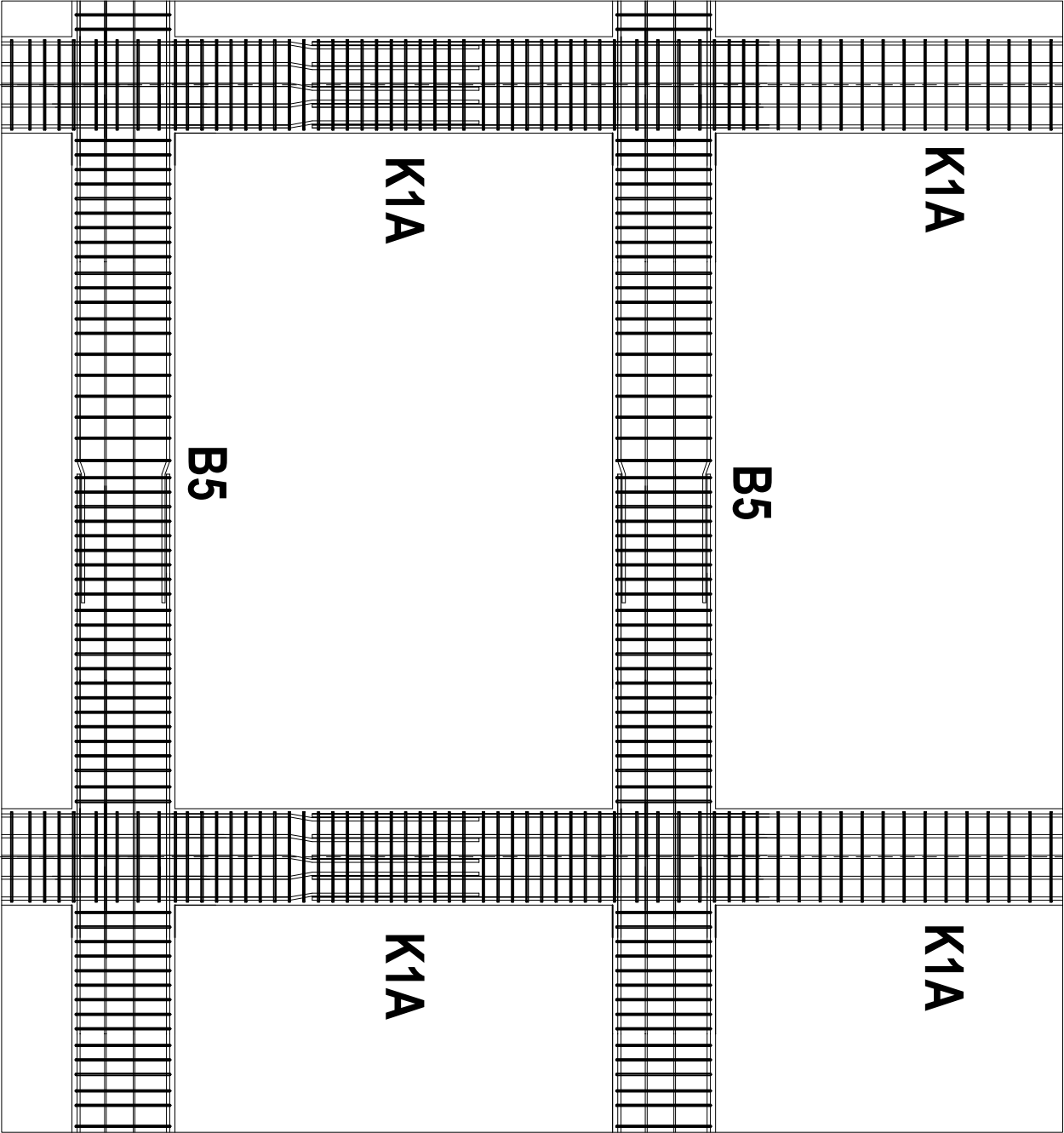
STR

-

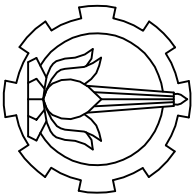
NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

71

72



DETAIL A PORTAL MEMANJANG
Skala 1:50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DIV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKULIAHAN FAKULTAS PERTANIAN DI
SURABAYA MENGGUNAKAN DUAL SYSTEM
DENGAN METODE PELAKSANAAN
KONSTRUKSI KOLOM DAAN SHEARWALL

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I:

R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

DOSEN II:

Afi' Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

NAMA MAHASISWA

MUTIARA RAMADHYANITA
NRP. 3113041032

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN = BANGUNAN PENDIDIKAN
KONDISITANAH = TANAH LUNAK
MUTU BETON = 35 Mpa
MUTU BAJA = 400 Mpa

NAMA GAMBAR

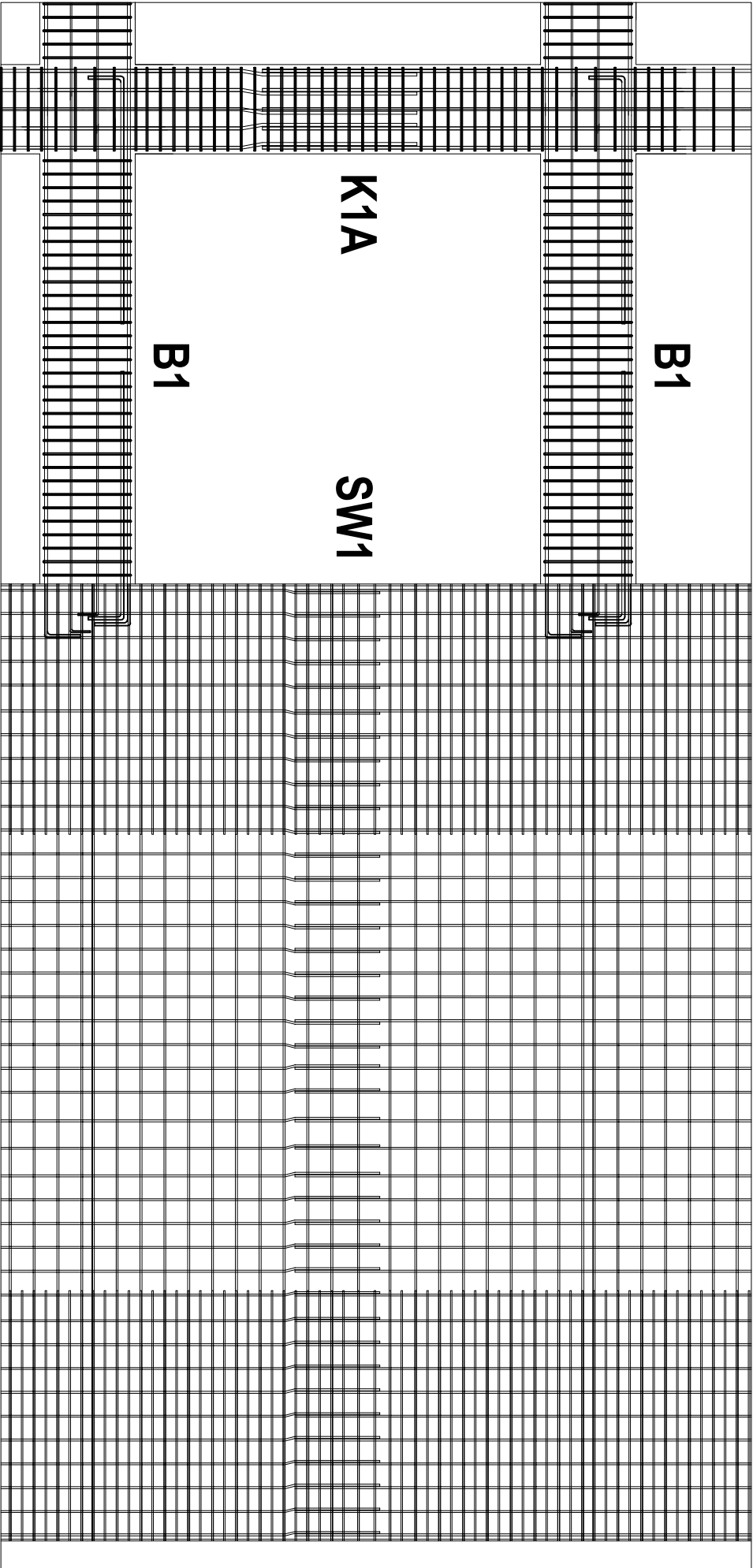
DETAIL PORTAL
MELINTANG

KODE GAMBARSKALA

STR-

NO. LEMBARJUMLAH LEMBAR

7272



LANTAI 03

+8.40

LANTAI 02

+4.20

